AGOSTO 2017

ARTÍCULO - 06

La restauración de bosques andinos y sus vínculos con el agua

Orientaciones para una comunidad campesina de Apurímac

Por: Roberto Kómetter Mogrovejo [(1)] y Verónica Gálmez Márquez [(2)]



Foto: Lucía Rodríguez

Bosques Andinos
Manejo sostenible de paisajes de montaña frente al cambio climático

BOSQUES ANDINOS ES UN PROGRAMA DE:
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Embajada de Suiza en el Perú
Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE

FACILITADO Y ASESORADO POR:
HELVETAS Swiss Intercooperation PERU
CONDESAN Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina

La restauración de bosques andinos y sus vínculos con el agua

Orientaciones para una comunidad campesina de Apurímac

Por: Roberto Kómetter Mogrovejo [(1)] y Verónica Gálmez Márquez [(2)]

Agosto 2017

INTRODUCCIÓN

En el año 2015 los miembros de la Comunidad Campesina Kiuñalla decidieron -con respaldo de su asamblea general- conservar y restaurar sus bosques con la finalidad de mejorar la provisión del servicio ecosistémico hídrico. La comunidad Kiuñalla está ubicada en el distrito de Huanipaca, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, Perú a una elevación promedio de 2 955 msnm (Landolt 2017).

Con respecto a los recursos naturales de la comunidad, los bosques altoandinos se clasifican en su mayoría como "Bosque Altimontano Pluviestacional de Yungas" (CDC, 2017); un gran número de las especies forestales que integran este bosque son utilizadas a nivel local para múltiples propósitos, entre las que destacan: "upa ccalato" (Badilloa sphagnophila), "unka" (Myrcianthes oreophila), "palta palta" (Ocotea multinervis), "panti" (Viburnum aff. reticulatum) y "yanale" (Critoniopsis pycnantha) (Vega 2017).

De acuerdo a Huasasquiche (2017), algunos representantes de la comunidad manifiestan que las especies forestales más importantes para la captación de agua son: "Lambras" (Alnus acuminata), "Layán" (Sambucus nigra), "Pisonay" (Erythrina falcata), "Chamchi" (Weinmania sp.), "Quisa quisa" (Phenax sp.), "Yareta" (Smallanthus parviceps) y "Yoroma" (Morella pubescens).

Los bosques de la comunidad han sido impactados por un proceso gradual de degradación debido principalmente al cambio de uso para realizar actividades agropecuarias, por la presencia de incendios forestales y por la extracción selectiva de leña. Todo ello ha reducido la capacidad de los bosques para proveer los servicios ecosistémicos, principalmente los relacionados con el agua; lo cual ha sido percibido por los pobladores de la comunidad como una reducción de los caudales, principalmente en época de estiaje. Esta percepción sobre la reducción en la provisión de agua fue la razón principal por la cual la comunidad decidió restaurar sus bosques.

Para realizar la restauración de los bosques en Kiuñalla, se contó con el apoyo del Servicio Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) y del Centro de Desarrollo Social (CEDES), quienes diseñaron una metodología que permitió la instalación de un área piloto para el monitoreo de la restauración, lo que implicó el establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo de la vegetación, así como la instalación de un sistema de monitoreo hidrológico básico.

Cabe mencionar que ni la comunidad de Kiuñalla, ni la región Apurímac cuentan con antecedentes sobre este tipo de experiencias de restauración que permitan definir si la decisión de la comunidad acerca de la restauración es pertinente y si es que los resultados son comparables con otras experiencias similares.

Es por ello que este documento tiene como objetivo hacer una reflexión, a partir de la revisión de literatura sobre la restauración en otras regiones del país y otros países de la región Andina, que sirva para retroalimentar el proceso de restauración en la comunidad Kiuñalla.

Foto: Verónica Gálmez

CONCEPTOS que orientan la RESTAURACIÓN

Foto: Verónica Gálmez

Las múltiples definiciones de la restauración

Existen numerosas definiciones para el término restauración desarrolladas tanto por entidades académicas y de investigación como por instituciones de la sociedad civil con base en el conocimiento y la práctica. La Alianza Mundial para la Restauración del Paisaje Forestal define la restauración como "un proceso activo y participativo para identificar, negociar y aplicar prácticas que restauran un equilibrio óptimo acordado de los beneficios ecológicos, sociales y económicos de los bosques y los árboles dentro de un patrón más amplio de usos de la tierra". Cisneros (2015) agrega que la restauración, más que simplemente plantar árboles –como se suele entender en la práctica local- abarca la integridad ecológica y económica, mejorando así el desarrollo socio económico de las comunidades locales, y aumentando y manteniendo los beneficios que se derivan de la gestión del paisaje. Por su parte Stanturf et al. (2015), se refieren a la restauración como un proceso a largo plazo para recuperar la funcionalidad ecológica y mejorar el bienestar humano. De otro lado, Lamb et al. (2012) explica que la restauración implica procesos de toma de decisión y no simplemente la aplicación de una serie de tratamientos.

En el marco de un debate promovido por la WWF y la UICN hacia el 2000, surge la necesidad de articular la restauración con enfoques de paisaje y la gestión del territorio; definiéndose así por Hanson et al. (2015) como el proceso planificado por medio del cual se busca recuperar la integridad ecológica y aumentar el bienestar humano en los paisajes deforestados o degradados. De este modo se incluye en la definición de restauración aspectos socioeconómcios y no únicamente ecológicos.

Arauco (2012), al revisar los trabajos de Dobson et al. (1997), Palmer et al. (1997), Whisenant (1999), Young et al. (2001) y Walker & del Moral (2003), relaciona la restauración con el proceso de sucesión secundaria para la formación de comunidades estables en el tiempo y el espacio; y que es acelerado de forma deliberada para la recuperación de un ecosistema con respecto a su integridad, sostenibilidad (Clewell y Aronson 2007) y sus funciones ecosistémicas; equivalentes a las condiciones naturales que se establecen como referencia (Gonzalez 2007, Acuña 2012). Algunos autores han demostrado que este mecanismo ayuda a la conservación de las aguas superficiales y subterráneas y evita la erosión de los suelos (Ramakrisna 1997, Barrantes 2006 y Dirección General de Política Forestal 2011).

Por su parte, Murcia (2016) señala que la restauración ecológica es una actividad fundamental para revertir la degradación de los sistemas naturales, así como para recuperar la biodiversidad y los servicios ambientales, combatir los efectos negativos del cambio climático y complementar las estrategias de manejo del paisaje para la sostenibilidad de la vida en la tierra.

El Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF, 2010) indica que la restauración debe basarse en objetivos hacia el futuro en vez de tratar de recuperar situaciones pasadas o condiciones previas del mismo ecosistema. Por ello resulta importante definir un modelo de referencia sobre la base de un ecosistema natural próximo que se encuentre en buen estado (Acuña 2012).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) define a los servicios ecosistémicos como los beneficios que las personas obtienen de las funciones de los ecosistemas, y pueden ser clasificados como servicios de provisión, de regulación, culturales y de apoyo. En cuanto a los servicios ecosistémicos que guardan relación con el recurso hídrico destacan: la regulación del ciclo hidrológico, los altos rendimientos hídricos, el mantenimiento de la cantidad y calidad del agua y la recarga de acuíferos (Celleri 2009, Garzon 2010).

Relaciones entre la restauración y los servicios hidrológicos

Las relaciones entre los bosques y el agua son múltiples y variadas, han sido ampliamente estudiadas y están influenciadas por un serie de factores (Little y Lara 2010), tales como las condiciones climáticas (p.ej. regímenes de precipitación), la geomorfología y la geología; que condicionan el almacenamiento y la movilización del agua, y la cobertura vegetal, lo cual muchas veces responde al uso del suelo o de su manejo (Ward y Trimble, 2003).

En un proceso de restauración el tiempo es un factor crucial para el desarrollo de la cobertura vegetal, pudiendo ello relacionarse con el volumen de la biomasa, lo cual influye en las tasas de evapotranspiración (Angelstam et al. 2005, Little y Lara 2010), Huber et al. 2008), así como en el caudal (base y punta) (Acuña 2012, Calder 1992, Lara et al 2009, Scott et al. 2008).

La restauración de los bosques origina un incremento de la biomasa y el mejoramiento de la biodiversidad, lo cual actúa sobre el suelo aumentando las capas de hojarasca de alto contenido orgánico que contribuyen al desarrollo de una micro y macro fauna abundante y diversa (Frene 2015, Tobón 2009, Acuña 2012, Mullins 2011). Estas condiciones mejoran la porosidad del suelo y reducen la densidad, incrementando las tasas de conductividad hidráulica e infiltración (Frene 2015, Tobón 2009), lo cual permite que la recarga del agua del suelo y de los acuíferos sea mayor, manteniendo de esa forma los caudales, incluso en época de estiaje. Es decir, la restauración mejora la capacidad de regulación hídrica (Tobón 2009, Acuña 2012, Doornbos 2015, Muñoz et al. 2015, Zapata y Manzano 2008, Giraldo 2002).

Cuanto mayor sea el contenido de materia orgánica en el suelo, mejor será su estructura, haciéndose más granular, favoreciendo el desarrollo de un sistema radicular denso y profundo, y generando una mayor capacidad de infiltración y almacenamiento del agua (Bonell 1993, 2005, Bonell y Balek 1993, McGroddy y Silver 2000, Garcia-Fayos 2004, Pizarro et al 2005, Giraldo 2002, Robert 2002, Tobón 2009). Adicionalmente, permite la reducción del escurrimiento y de la erodabilidad al absorber e interceptar la lluvia y funcionar como barrera, reteniendo así el agua y propiciando que se disponga de mayor tiempo para penetrar el suelo (Dueñez et al. 2004, Zang y Zhang 1999, Arifeen y Chaudhry 1998; García 2009, Pizarro et al. 2005, Ruan et al. 2001, Sfeir et al. 2005, Rios et al. 2008, Programa Comunidad Agua y Bosques 2010). Una vez que el agua ingresa al suelo, una parte es utilizada por las plantas y devuelta a la atmósfera a través del proceso de transpiración y otra parte es retenida en el suelo (Paredes y Guerra 2006, Sánchez 1990, Alfaro, Alvarado y Chaverri 2001).

En el proceso de restauración es importante conocer de forma integrada la relación entre las condiciones del suelo y el comportamiento de la comunidad vegetal, principalmente en la interfase del sistema radicular (Almir 1994, Mullins 2011). En este proceso se observa un gran desarrollo del sistema radicular, incluso mayor que en el caso del bosque maduro (Cavalier, Estevez y Arjona 1996, Mullins 2011), en las capas superficiales del suelo, con una tendencia a disminuir conforme se profundiza en el (López, Sábate y Gracia 2001, Morales 1997, Cavalier, Estevez y Arjona 1996, Cavalier 1992, Jiménez y Arias 2004), sobre todo en la época seca (Mullins 2011). Ante la disminución de la humedad en el suelo, la comunidad vegetal reacciona desarrollando una mayor cantidad de raíces finas y de mayor longitud para aumentar la capacidad de absorción de agua y nutrientes (Mullins 2011, Metcalfe et al. 2008, Abate 2004, Castellanos et al. 2000, Lima, Miranda y Vasconcelos 2010), lo cual puede ser entendido como un mecanismo de supervivencia, traduciéndose en el hecho que las plantas desplazan la fijación de carbono hacia las raíces para incrementar la captación de agua (Metcalfe et al 2008), profundizándose en el suelo para alcanzar la humedad de los horizontes inferiores (Joslin, Wolfe y Hanson 2000, Prictchett 1986, Mullins 2011).

El incremento del volumen de hojarasca y materia orgánica en el suelo debido a la restauración se descompone a través de un proceso en el cual intervienen factores físicos y biológicos. Con respecto a esto último, resalta la actividad de los microorganismos, que genera la liberación de CO2 y elementos minerales, lo que recupera los nutrientes perdidos (Gayoso et al. 1989, Oyarzún 1993, Acuña 2012). El proceso de descomposición es clave en el estudio de los ecosistemas terrestres por varias razones (Chapin et al. 2002, Andersen y Nelson 2006, Escobar y Maass et al. 2008) entre las que destacan: la actividad biológica del suelo está basada en los detritos, contribuye a la formación de suelo, mejora la fertilidad y la disposición de nutrientes del suelo y forma parte del ciclo de carbono en el ecosistema.

El aumento de la biomasa que produce la restauración de los bosques incrementa la intercepción del agua de lluvia (por reducción de la energía cinética), y así, una parte del agua de lluvia es mantenida por el follaje y luego es evaporada (Pizarro et al 2005, FAO 2002, Zapata y Manzano 2008, Giraldo 2002). Algunos estudios han estimado que la pérdida por evaporación en un bosque en proceso de restauración es del 10% (Holwerda

Foto: Verónica Gálmez

y Brui jnzeel 2007), mientras que la transpiración se estima en 25%, de tal forma que la evapotranspiración total se estima en 35% (Gomez-Cardenas et al. 2007). De igual manera, la respiración también aumenta, lo que determina que en el suelo haya un menor volumen de agua ocasionando así una disminución en el rendimiento hídrico (Muñoz et al. 2015). Reyes et al. (2002), estiman una reducción total de 0.0679% del rendimiento hídrico, por el aumento en 1% de la cobertura forestal. Sin embargo esto es compensado dado que el incremento en la cobertura disminuye la temperatura de la superficie del suelo y elimina los efectos del viento, lo que reduce las pérdidas de agua del suelo por evaporación. En consecuencia, la superficie del suelo se mantiene más fría y la velocidad de evaporación del agua del suelo disminuye lentamente (FAO 2002), permitiendo que se mantengan o incrementen los caudales en la época de estiaje, siendo este el interés prioritario de las comunidades locales con respecto a las prácticas de restauración.

Las variables que están directamente relacionadas con la interceptación y transpiración de la vegetación del bosque y que explican mejor los cambios en el rendimiento hídrico debido a la restauración son: el tamaño del área basal, el índice del área foliar y la fisiología de las especies (Tobon 2009). Existe una correlación negativa entre la relación de la cobertura arbórea y el área basal respecto de la escorrentía superficial; ocurriendo lo contrario entre la capacidad de infiltración con cobertura de árboles y el área basal (Rios et al. 2008).

Acuña (2012), al revisar varios estudios, entre ellos el de Calder (1993) e Iroumé et al. (2005), encuentra una contraposición entre la alta evapotranspiración por parte de la vegetación en la época de estiaje y la alta tasa de infiltración generada por la cobertura forestal que incrementa la recarga de acuíferos, lo cual puede mantener el caudal base durante este periodo; señalando que es un comportamiento poco comprendido que requiere de una investigación más profunda.

Siguiendo las reflexiones de Acuña (2012) se puede afirmar que el incremento de la cobertura forestal con la restauración produce el aumento de la evapotranspiración, la reducción de la humedad en el suelo y de los caudales de la estación seca; y que el aumento de la infiltración en el suelo aumenta la reposición del agua del suelo y los caudales de la estación seca (Calder 2005, Lara et al. 2009), así como también la dotación del servicio ecosistémico de provisión de agua.

Otro beneficio de la restauración de los bosques está dado por la mejora de la calidad del agua (Gyssels et al. 2005), debido principalmente a que la interceptación de la precipitación por medio del dosel disminuye la energía de su impacto en el suelo, impidiendo así su remoción (Rios et al. 2008).

La restauración del bosque regula el rendimiento hídrico, equilibrando rápidamente el caudal a partir del segundo año al 40% y en el cuarto año al 16%, estimándose que volverá a su nivel previo a la degradación a partir del año 8 (Giraldo 2002), esto, si otros factores permanecen constantes. Algunos estudios han estimado que por cada 10 % del área de cobertura de bosques nativos que se logre recuperar, será posible incrementar en 14% los caudales totales en época de estiaje; además, algunas técnicas silviculturales podrían acelerar la sucesión ecológica para acortar los plazos de la restauración (Lara et al. 2009, Little y Larab 2010).

El principal factor limitante en el proceso de restauración es la falta de disponibilidad hídrica (Medrano et al. 2007), porque en este proceso se incrementa el volumen de agua utilizado por la vegetación, el cual podría ser mayor que en el bosque precedente (Vertessy et al. 1993), dado que aumenta la velocidad de formación de biomasa, lo cual hace cambiar la eficiencia del uso del agua por la comunidad vegetal, es decir, la cantidad de carbono fijado por unidad de agua evapotranspirada, sin embargo, esto aún no está bien documentado. Otra forma de expresar la eficiencia del uso del agua, es como tasa de transpiración, es decir, la cantidad de agua evapotranspirada para producir una unidad de volumen (m3) de materia seca. Esto, en un proceso de restauración se acelera, es decir, la vegetación extrae una mayor cantidad de agua del suelo en un menor tiempo. Lo que aún no se conoce es el valor de la tasa de transpiración, es decir, cuál es la cantidad de agua que se extrae del suelo (evapotranspiración neta) para producir 1m3 de incremento en biomasa seca y su relación con las características edafoclimáticas, así como con la orientación que se le pueda dar a la restauración a partir de estos resultados (Huber y Trecaman 2004).

Más del 80% de la tasa de transpiración de la vegetación está influenciada por su densidad, la temperatura de época de estiaje, las características del suelo y la vegetación acompañante. Se ha demostrado que las tasas inferiores de transpiración están asociadas a suelos con buena capacidad de retención de agua, alta precipitación y vegetación acompañante de menor permanencia durante el año. Las tasas más altas de transpiración se registran en zonas con suelos de baja capacidad de almacenamiento de agua, condiciones meteorológicas favorables para la evaporación y un régimen de precipitación de baja intensidad (Huber y Trecaman 2004).

Dado que el área piloto de restauración de la comunidad de Kiuñalla, está caracterizada por un paisaje de alta montaña, con suelos leptosoles éutricos, poco evolucionados, superficiales y con afloramiento lítico y roca madre de calizas (MINAM 2010 y GORE Apurímac 2017), de una textura franco arenosa, entre moderados y fuertemente ácidos, con contenido de nitrógeno bajo, de fósforo entre medio y bajo, de potasio alto y de magnesio bajo (UTEA 2016), y con bosques que han sido intervenidos para el desarrollo de agricultura, que ahora están en proceso de restauración, con formaciones arbóreas y arbustivas perennes, siendo las especies más abundantes entre las herbáceas y arbustivas las siguientes: Ageratina sternbergiana, Hydrocotyle sp1, Adiantum sp1, Stellaria cuspidata, Pilea sp1, Pennisetum clandestinum, y entre las arbóreas: Chusquea sp1, Verbesina ochroleucotricha, Solanum cf. Maturecalvans, Myrcianthes oreophila, Salvia sp1, Tibouchina pleromoides.

Varias de las especies que constituyen la vegetación de estos bosques, son especies caducifolias, lo que permite que el suelo presente abundante hojarasca. Esta vegetación está presente en alturas superiores a los 3000 msnm, lo que atenúa la acción de la temperatura, aunado a su característica estructural con especies caducifolias, resulta en una reducción de la evapotranspiración, lo que permite que un mayor volumen de la precipitación llegue hasta el colchón de hojas, pasando al suelo, dentro del cual se infiltra fácilmente al estar constituido por sólo un horizonte de textura franco arenoso, llegando a la roca madre, que al ser de caliza, presenta intersticios y cavidades donde puede almacenarse el agua, para estar disponible en la época de estiaje. Estas condiciones mejoran con el incremento de la biomasa en el proceso de restauración.

A partir de lo anterior, se puede proyectar que el proceso de restauración en el área piloto de la comunidad de Kiuñalla propiciará una mayor disponibilidad de agua en la época de estiaje.


Foto: Jaime Valenzuela

Relaciones entre la restauración y la biodiversidad

Siguiendo las reflexiones de Acuña (2012) se puede afirmar que el incremento de la cobertura forestal con la restauración produce el aumento de la evapotranspiración, la reducción de la humedad en el suelo y de los caudales de la estación seca; y que el aumento de la infiltración en el suelo aumenta la reposición del agua del suelo y los caudales de la estación seca (Calder 2005, Lara et al. 2009), así como también la dotación del servicio ecosistémico de provisión de agua.

Otro beneficio de la restauración de los bosques está dado por la mejora de la calidad del agua (Gyssels et al. 2005), debido principalmente a que la interceptación de la precipitación por medio del dosel disminuye la energía de su impacto en el suelo, impidiendo así su remoción (Rios et al. 2008).

La restauración del bosque regula el rendimiento hídrico, equilibrando rápidamente el caudal a partir del segundo año al 40% y en el cuarto año al 16%, estimándose que volverá a su nivel previo a la degradación a partir del año 8 (Giraldo 2002), esto, si otros factores permanecen constantes. Algunos estudios han estimado que por cada 10 % del área de cobertura de bosques nativos que se logre recuperar, será posible incrementar en 14% los caudales totales en época de estiaje; además, algunas técnicas silviculturales podrían acelerar la sucesión ecológica para acortar los plazos de la restauración (Lara et al. 2009, Little y Larab 2010).

El principal factor limitante en el proceso de restauración es la falta de disponibilidad hídrica (Medrano et al. 2007), porque en este proceso se incrementa el volumen de agua utilizado por la vegetación, el cual podría ser mayor que en el bosque precedente (Vertessy et al. 1993), dado que aumenta la velocidad de formación de biomasa, lo cual hace cambiar la eficiencia del uso del agua por la comunidad vegetal, es decir, la cantidad de carbono fijado por unidad de agua evapotranspirada, sin embargo, esto aún no está bien documentado. Otra forma de expresar la eficiencia del uso del agua, es como tasa de transpiración, es decir, la cantidad de agua evapotranspirada para producir una unidad de volumen (m3) de materia seca. Esto, en un proceso de restauración se acelera, es decir, la vegetación extrae una mayor cantidad de agua del suelo en un menor tiempo. Lo que aún no se conoce es el valor de la tasa de transpiración, es decir, cuál es la cantidad de agua que se extrae del suelo (evapotranspiración neta) para producir 1m3 de incremento en biomasa seca y su relación con las características edafoclimáticas, así como con la orientación que se le pueda dar a la restauración a partir de estos resultados (Huber y Trecaman 2004).

Más del 80% de la tasa de transpiración de la vegetación está influenciada por su densidad, la temperatura de época de estiaje, las características del suelo y la vegetación acompañante. Se ha demostrado que las tasas inferiores de transpiración están asociadas a suelos con buena capacidad de retención de agua, alta precipitación y vegetación acompañante de menor permanencia durante el año. Las tasas más altas de transpiración se registran en zonas con suelos de baja capacidad de almacenamiento de agua, condiciones meteorológicas favorables para la evaporación y un régimen de precipitación de baja intensidad (Huber y Trecaman 2004).

Dado que el área piloto de restauración de la comunidad de Kiuñalla, está caracterizada por un paisaje de alta montaña, con suelos leptosoles éutricos, poco evolucionados, superficiales y con afloramiento lítico y roca madre de calizas (MINAM 2010 y GORE Apurímac 2017), de una textura franco arenosa, entre moderados y fuertemente ácidos, con contenido de nitrógeno bajo, de fósforo entre medio y bajo, de potasio alto y de magnesio bajo (UTEA 2016), y con bosques que han sido intervenidos para el desarrollo de agricultura, que ahora están en proceso de restauración, con formaciones arbóreas y arbustivas perennes, siendo las especies más abundantes entre las herbáceas y arbustivas las siguientes: Ageratina sternbergiana, Hydrocotyle sp1, Adiantum sp1, Stellaria cuspidata, Pilea sp1, Pennisetum clandestinum, y entre las arbóreas: Chusquea sp1, Verbesina ochroleucotricha, Solanum cf. Maturecalvans, Myrcianthes oreophila, Salvia sp1, Tibouchina pleromoides. Varias de las especies que constituyen la vegetación de estos bosques, son especies caducifolias, lo que permite que el suelo presente abundante hojarasca.

Esta vegetación está presente en alturas superiores a los 3000 msnm, lo que atenúa la acción de la temperatura, aunado a su característica estructural con especies caducifolias, resulta en una reducción de la evapotranspiración, lo que permite que un mayor volumen de la precipitación llegue hasta el colchón de hojas, pasando al suelo, dentro del cual se infiltra fácilmente al estar constituido por sólo un horizonte de textura franco arenoso, llegando a la roca madre, que al ser de caliza, presenta intersticios y cavidades donde puede almacenarse el agua, para estar disponible en la época de estiaje. Estas condiciones mejoran con el incremento de la biomasa en el proceso de restauración. A partir de lo anterior, se puede proyectar que el proceso de restauración en el área piloto de la comunidad de Kiuñalla propiciará una mayor disponibilidad de agua en la época de estiaje.

La restauración es notablemente efectiva para aumentar los niveles de biodiversidad y de los servicios ecosistémicos (SE): estudios de Rey et al. (2016) han demostrado que luego de 30 años de haber iniciado el proceso de restauración, la biodiversidad puede aumentarse en 58% y la efectividad en la provisión de SE en 99%; siendo estos impactos positivos dependientes en gran medida de los factores de contexto. Sin embargo, es frecuente encontrar que los ecosistemas restaurados no alcancen las condiciones de biodiversidad y SE de los ecosistemas naturales de referencia; considerando además a la recuperación como un proceso de largo aliento. Aunque las investigaciones son coincidentes en un aumento de la biodiversidad y los SE, sus resultados son divergentes. Es así que un meta análisis de 89 evaluaciones de restauración en una amplia gama de tipos de ecosistemas en todo el mundo indica que la restauración aumentó el suministro de biodiversidad y de servicios ecosistémicos en sólo un 44% y 25%, respectivamente. El aumento en la biodiversidad y de los SE después de la restauración se correlacionó positivamente, lo que es corroborado porque los resultados indican que las acciones de restauración centradas en la mejora de la biodiversidad apoyan el aumento de los servicios de los

ecosistemas, (Rey et al. 2009), sin embargo no se debe asumir que el restablecimiento de la biodiversidad aumentará inevitablemente los servicios de los ecosistemas, o viceversa. La biodiversidad y los diferentes servicios ecosistémicos pueden mostrar trayectorias contrastantes durante la restauración (Bullock et al. 2011).

El bosque restaurado es un ecosistema dinámico, con una composición de especies y una estructura forestal cambiantes, en el cual se ha acelerado la sucesión natural para evitar fases sucesionales intermedias (Aerts and Honnay 2011). A partir de esto los esfuerzos de la restauración de los bosques pueden beneficiarse de la perspectiva de Biodiversidad y Funcionamiento del Ecosistema (BEF) que se centra básicamente en restaurar la relación entre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas (Naeem 2006, Wright et al. 2009, Scherer-Lorenzen 2007); en razón que el aumento de la riqueza de especies en la restauración conduce a una mayor productividad de los ecosistemas (Lewandowska et al. 2016; Thompson et al. 2009, Paquette y Messier 2010, Piotto et al. 2010), lo que se ha evidenciado en efectos positivos de la diversidad de especies arbóreas en el almacenamiento de carbono en los árboles (Ruiz-Jaen y Potvin 2010); lo que es posible con pocos o ningún costo para la producción (Chamagne et al. 2017, Aerts and Honnay 2011(4)).

La hipótesis de que una mayor diversidad de especies conduce a una mayor estabilidad del funcionamiento de los ecosistemas ha resurgido dentro del marco del enfoque BEF (Naeem et al. 2006) debido a que en la restauración al incrementarse el número de especies, se incrementa la respuesta funcional así como la compensación funcional (Thompson et al. 2009, Laliberte et al. 2010), es decir, cambios positivos en el nivel de funcionamiento de una especie (una especie que se convierte en funcionalmente dominante) se asocian con cambios negativos en el funcionamiento de otras especies. Esta compensación impulsa la estabilización de las propiedades del ecosistema, como la producción de biomasa (Loreau et al. 2001). Por esta razón en los procesos de restauración es más importante centrarse en la diversidad funcional en lugar de la diversidad taxonómica, es decir, centrarse en lo que los organismos hacen efectivamente en un ecosistema (Cadotte et al. 2011, Mouillot et al. 2011, Paquette y Messier 2010, Aerts and Honnay 2011(4)).

Las funciones de cada una de las especies de árboles dentro del ecosistema están gobernadas por sus características genotípicas; y por tanto la selección de genotipos específicos, y la diversidad genotípica de los conjuntos de árboles, pueden tener importantes implicaciones para el funcionamiento y la resiliencia, (Thompson et al. 2009), así como efectos profundos y duraderos sobre el funcionamiento del ecosistema de los bosques restaurados (Schweitzer et al. 2005, Madritch et al. 2006). Sin embargo una disciplina como la genética comunitaria, todavía se encuentra en desarrollo incipiente y la información disponible es preliminar (Bailey et al. 2009, Aerts and Honnay 2011(4))

La biodiversidad que interviene en la restauración de los bosques no solo está en las especies arbóreas, sino también comprende la fauna con servicios ecosistémicos importantes que incluyen: la polinización, el control de plagas, la dispersión de semillas, la aceleración de la germinación, entre otros (Sekercioglu et al. 2004, Sekercioglu 2006, Aerts et al. 2008). Sobre la biodiversidad en el suelo y su relación con los árboles existe poca información; sin embargo el rápido desarrollo y la disponibilidad de herramientas moleculares (Verbruggen et al. 2010, Dumbrell et al. 2011), junto con el enfoque BEF sobre la funcionalidad de los ecosistemas, ha dado lugar a un mayor interés en el papel de la diversidad de la comunidad microbiana del suelo en procesos de conducción como la descomposición de materia orgánica y la absorción de nutrientes (Aerts and Honnay 2011(4)). La cuestión crucial es saber si la comunidad microbiana subterránea sigue simplemente las especies de árboles, o si se requiere algún tipo de inoculación (Allen et al. 2003). Entre los


Foto: Jaime Valenzuela

microorganismos relevantes del suelo se puede esperar que los hongos micorrízicos arbusculares (AMF) y los hongos ectomicorrízicos (ECMF) jueguen un papel importante durante la restauración. Muchas especies de árboles y arbustos se asocian con AMF y ECMF, que proporcionan nutrientes a cambio de hidratos de carbono vegetales (Aerts and Honnay 2011(4)).

Los bosques restaurados rara vez coinciden con la composición y estructura de la cubierta forestal original (Chazdon 2008). Sin embargo, cambios drásticos en los ecosistemas podrían resultar en nuevos sistemas al ser restaurados, lo que implica variaciones en las especies, las interacciones y las funciones (Hobbs et al. 2009, Lugo 2009). Estos cambios irreversibles están generando recientemente una tendencia hacia la aceptación de cambios perennes, impulsados por el cambio ambiental y la creciente aplicación del marco BEF a la restauración, pueden facilitar la aceptación de especies no nativas en la restauración forestal. Esto todavía no es aceptado por muchos ecologistas (Hall et al. 2011), sin embargo un enfoque en las funciones de las especies y no en sus orígenes está comenzando a tener fuerza (Davis et al. 2011) como un enfoque más dinámico y pragmático de la conservación y manejo de las especies. En este sentido el enfoque BEF puede ser base para orientar un cambio de paradigma en la ecología de la restauración (Aerts y Honnay 2011(5), Aerts y Honnay 2011(4)).

De Bello et al. (2010), recopilaron 247 publicaciones en las que se exploraba las relaciones entre caracteres funcionales y servicios de los ecosistemas en diferentes ecosistemas y con diferentes taxones, demostrando que en el 69% de los casos existe una clara relación entre caracteres funcionales y el suministro de servicios de los ecosistemas. Además, encontraron que dentro de un mismo grupo de organismos, se establecen combinaciones de caracteres funcionales clave que controlan diferentes funciones de los ecosistemas y, por tanto, el suministro de determinados servicios. Las interacciones tróficas son claves para mantener un flujo variado de servicios y, por tanto, los caracteres que afectan a las relaciones entre especies de diferentes niveles tróficos deben de ser considerados (Anton et al. 2010, Martín-López 2011, Martín-López y Montes 2010).

Foto: Jaime Valenzuela

La restauración y el cambio climático

Es posible identificar una serie de argumentos en la literatura sobre el efecto que tiene el aumento de la concentración de CO2 en la atmósfera sobre el comportamiento de la vegetación y su capacidad de absorción y asimilación de carbono. Según Baker et al. 2004 y Malhi et al. 2009, el incremento en la concentración de CO2 en la atmósfera parece tener un impacto positivo directo sobre la productividad y competencia de las especies vegetales tropicales.

Lo que sí está claro de acuerdo a una serie de autores es que hay evidencias que el cambio climático altera las dinámicas del carbono forestal y la estructura de los bosques, más aún en procesos de restauración, en los cuales es inherente el cambio. Esto a su vez tiene implicancias sobre las reservas de carbono y el potencial de los bosques como sumideros de carbono. Aquí la biodiversidad cumple un rol clave en cuanto a la resiliencia de las dinámicas del carbono forestal y la estructura del bosque. Esto último adquiere especial relevancia si se consideran las múltiples disrupciones crecientes ocasionadas por las actividades antrópicas y los impactos actuales y potenciales del cambio climático.

Resulta importante dedicar esfuerzos para comprender el ciclo del carbono en los bosques tropicales, pero puede ser incluso más importante cuantificar los cambios en las reservas del carbono forestal para así poder entender las tendencias actuales y futuras del ciclo global del carbono (Baker et al. 2004 y Gálmez 2013).

Se espera que el cambio climático afecte la susceptibilidad de los bosques a las perturbaciones. Por ejemplo, se prevé que el aumento de la carga de combustible (biomasa seca), la prolongación de las estaciones secas y la aparición de condiciones meteorológicas más extremas como consecuencia del cambio climático se traduzcan en un aumento de la actividad de los incendios forestales. Esto sobretodo en bosques en restauración, que son más susceptibles a los impactos antrópicos. Un clima cambiante también alterará la dinámica de perturbación de plagas y patógenos, de insectos forestales nativos, así como facilitará el establecimiento y propagación de especies de plagas introducidas.

Existe por tanto una relación fundamental entre la diversidad biológica, la producción, la resiliencia y estabilidad en los bosques y que esta relación es importante con respecto a la gestión adaptativa en los bosques bajo el cambio climático. Así, resulta importante comprender el papel de la diversidad de especies en el funcionamiento del ecosistema. Los bosques en restauración ubicados en ecotonos, principalmente en zonas de montaña, probablemente son más vulnerables al aumento de la sequía y el calor; y dado que las especies tienen diferente tolerancia climática, las especies que integran estos bosques pueden responder individualmente y de manera diferente al cambio climático. Por lo que el proceso de restauración puede resultar en cambios drásticos respecto al ecosistema original.

Robert (2002), indica que el aumento de la concentración de CO2 en la atmósfera induce a un incremento de la biomasa por una mayor captura de carbono (Van Ginkel et al. 1999), debido a la fertilización con carbono, que influye en la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, así como en un mayor ingreso de carbono en el suelo a partir del crecimiento de las raíces y los residuos de las plantas, lo que genera que los compuestos de las raíces tengan una mayor relación Carbono/Nitrógeno y sean más estables (Cox et al. 2013). Sin embargo, Van der Sleen (2015), señala que esto no estaría sucediendo. En lo que sí están de acuerdo es que está disminuyendo la transpiración de las plantas a través de un proceso de adaptación fisiológica, reduciendo dinámicamente la conductancia estomática, cerrando estomas y estructuralmente desarrollando hojas con un menor número de estomas para reducir la perdida de agua y simultáneamente aumentar las tasas de asimilación, es decir una mayor eficiencia en el uso del agua. Esto se proyecta como una alteración de la hidrología y del clima (Van der Sleen 2015, Lammertsma et al 2011, de Boer et al 2011).

A partir de estos primeros hallazgos, se identifica la necesidad de mejorar la comprensión de las respuestas fotosintéticas de las plantas a las altas temperaturas, para entender y proyectar adecuadamente la magnitud del cambio futuro (Booth et al. 2012). El aumento en la temperatura que genera el cambio climático estaría provocando una mayor tasa de mineralización de la materia orgánica por los microorganismos y una mayor tasa de respiración de las raíces (Robert 2002).

Stanturf et al. (2015) y Chazdon et al. (2016), consideran que la restauración de bosques tiene un enorme potencial para la adaptación al cambio climático, así como para la mitigación, desempeñando un papel importante en la conservación de la biodiversidad, aumentando la conectividad en paisajes fragmentados, la regulación hidrológica, el ciclismo de nutrientes y la provisión de madera, de combustible y de forraje para la población local; reduciendo así la vulnerabilidad y aumentando la resiliencia. La capacidad potencial de captura de carbono de la regeneración natural de los bosques en proceso de restauración ofrece una oportunidad significativa de bajo costo, generando además beneficios a la biodiversidad, así como para la producción de múltiples servicios ecosistémicos.

Poorter et al. (2016) estimaron que mediante actividades de restauración se puede llegar a recuperar hasta un 90% de un bosque primario en menos de 66 años; pero depués de 20 años de recuperación, la biomasa promedio en los bosques en regeneración presenta una tasa de absorción de carbono en promedio 11 veces superior a la de los bosques primarios. Sin embargo, es posible que las tasas de acumulación de biomasa en general difieran entre sitios; siendo los sitios con mayor precipitación generalmente los de tasas superiores de acumulación de biomasa.

El cambio climático es una razón adicional para actuar ahora por la conservación y restauración de los bosques, asegurando que poblaciones puedan enfrentar mejor las consecuencias negativas relacionadas con la generación y provisión de servicios ecosistémicos, siendo necesario que según los roles y ámbitos de acción y decisión los distintos actores apliquen buenas prácticas que les generen múltiples beneficios, motivados por políticas e incentivos generados por usuarios de agua, gobiernos locales, inversionistas privados y orientados por investigadores que generan conocimientos sobre la base de necesidades locales priorizadas (Doornbos 2012, Erazo 2016, Ellison 2017).

CONSIDERACIONES
a tomar en cuenta
AL PLANIFICAR
PROCESOS DE RESTAURACIÓN

Foto: Lucía Rodríguez

En relación a los objetivos

Es fundamental una especificación clara de los objetivos y de las metas de la restauración, lo cual no necesariamente tiene que estar directamente relacionado con las existencias de flora y fauna en si mismas. Las metas de la restauración pueden vincularse con otros elementos como los servicios escosistémicos (Ehrenfeld 2000, Arauco 2012).

El objetivo de la restauración debe estar orientado a conseguir una vegetación estable y permanente, en equilibrio con las condiciones del medio (De Simón 1992, López 2004, DGPF 2011), y para ello resulta clave lo siguiente: (1) conocimiento de la dinámica del área en relación al clima, sobre todo a las precipitaciones, al relieve, geomorfología, red de drenaje, escorrentía, fenómenos erosivos, naturaleza del suelo y formaciones vegetales, y (2) elección de las especies a favorecer adaptadas a la dinámica natural del ecosistema que faciliten el arraigo de las plantas y minimice la alteración de los perfiles y estructuras del suelo. A mediano plazo la recuperación de la cubierta vegetal tiene un efecto positivo para la protección de suelo, el agua y la biodiversidad (DGPF 2011, Serrada 1992, López 2004).

Si el objetivo principal es la protección del suelo, deberá definirse la relación cobertura vegetal y grado de protección óptimo, para lo cual resulta clave definir el punto de inflexión a partir del cual la protección ya no aumenta de manera proporcional al aumento de la cobertura vegetal (Garcia-Fayos 2004).

Será también necesario que se definan los enfoques de implementación entre la restauración ecológica, la rehabilitación y la recuperación, lo que depende del tipo de intervención, del nivel de degradación del área y del objetivo de restauración. Además se debe considerar el mantenimiento y la sostenibilidad de la oferta de bienes y servicios ecosistémicos para mejorar la calidad de vida de las comunidades a través de acciones de restauración ecológica (Ospina et al. 2015).

La restauración de bosques debe considerar el ordenamiento para el uso adecuado del territorio, pudiéndose así identificar: zonas de protección principalmente del recurso hídrico para disminuir el riesgo y la vulnerabilidad, zonas de amortiguamiento en áreas naturales protegidas (ANP) para fortalecer la protección de la zona núcleo del ANP, corredores biológicos para favorecer la conectividad, así como también vacíos de conservación (Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE) 2014).

En el caso de ecosistemas afectados por incendios forestales, es es importante considerar dos fases: (i) la rehabilitación para el corto plazo (Vega 2007) con el cual se busca controlar la escorrentía superficial y la erosión mediante la recuperación de la productividad y los servicios ecosistémicos, para lo cual hay diversas técnicas citadas por ejemplo por Robichaud et al. 2000, Robichaud et al. 2003, Macdonald et al. 2004, Rough et al. 2004; y (ii) la restauración para el mediano y largo plazo, que busca reestablecer la estructura y la funcionalidad del ecosistema con base en la comunidad vegetal (Brown y Dorner 2000, Fernandez et al. 2010, Robichaud et al. 2003, Society for Ecological Restoration International (SER) 2004, Vega 2007, Fernández et al. 2010).

Es clave identificar las áreas con mejor potencial de recuperación, especialmente en aquellos ecosistemas amenazados en donde aún existan fragmentos poco perturbados desde donde se pueda conocer la composición original de estos (Fernández et al. 2010).

Se deberá propiciar y fortalecer la capacidad de entender la vulnerabilidad de las poblaciones y sus medios de vida, así como la identificación y planificación de zonas prioritarias para la conservación y restauración con fines estratégicos, lo que será clave en los gobiernos locales, las agencias de ministerios ambientales y agencias de conservación, pero también para los diseñadores de proyectos de vialidad e infraestructura relacionada con agua. La cuenca de captación debe formar parte integral del diseño de las redes viales y de agua (Price et al. 2011, Doornbos 2015).



En relación a los *trade offs*

Durante la fase de planificación de acciones de restauración es recomendable realizar un análisis de *tradeoffs*, lo que implica determinar si el suministro de un servicio se reduce a consecuencia del incremento de otro, (Rodríguez et al. 2006). Los *tradeoffs* pueden ser de cuatro tipos: (1) temporales, (2) espaciales e (3) interpersonales (Martín-López 2011, Ring et al. 2010) (4) entre servicios ecosistémicos (Rincón 2016)). Los *tradeoffs* temporales implican beneficios actuales y costos a largo plazo; Los *tradeoffs* espaciales suponen un beneficio local, pero con costos en otro lugar; los *tradeoffs* interpersonales suponen un escenario donde unos individuos ganan y otros pierden. El resultado del análisis de *trade offs*, debería desembocar en una recomendación para el ordenamiento del territorio (Castro y García 2012, Fisher et al. 2009, Egoh et al 2007, Menzel y Ten 2010) (para ampliar la información revisar Martín-Lopez 2011).

En relación al monitoreo

Si es que la restauración tiene como objetivo la regulación hídrica, esta debiera permitir evidenciar los cambios graduales, debiendo estos ser medibles –en la medida de lo posible- en la comunidad vegetal, reflejándose en indicadores verificables tales como el aumento del caudal base. A largo plazo, ello debe traducirse en beneficios para las comunidades locales, brindando así satisfacción social y económica originada por las actividades de restauración (Littlea y Larab 2010). Para ello, el establecimiento de sistemas de monitoreo vía parcelas permanentes resulta clave. Actualmente existe una serie de metodologías que están siendo usadas para monitorear el progreso de la restauración.

El monitoreo deberá considerar la selección de indicadores robustos y de fácil medición, considerando el efecto de los cambios ambientales en las variables (Jardel et al. 2013). Será importante no sólo poner énfasis en la evaluación de los primeros estadios de la restauración, sino también en el largo plazo, para conocer el éxito o el fracaso y proponer ajustes. La medición de las variables debe estar enfocada a la composición florística y a su estructura, así como a factores ecológicos relacionados con el suelo y sus funciones hidrológicas (Herrick et al. 2006). El monitoreo también debe considerar variables relacionadas a la integridad del paisaje, que puedan evaluarse fácilmente a partir de sensores remotos (Tongway y Hindley 2004). Será importante que la información del monitoreo permita desarrollar una restauración adaptativa, de tal forma que la Información respalde la toma de decisiones con respecto a las acciones de restauración (Tom 2000).

De la difusión y comunicación

También resulta clave generar avances en el conocimiento científico, difundirlo y transferirlo considerando las innovaciones tecnológicas que ello implica. Para ello los esfuerzos de sistematización resultan clave. Resulta también clave insertar o transversalizar la restauración en planes de ordenamiento territorial (Littlea y Larab 2010). Este puede ser un camino para incidir en políticas públicas relacionadas con la temática en los múltiples niveles de toma de decisión.

Generar un aumento de la comunicación y la educación a través de las distintas disciplinas involucradas, especialmente entre los profesionales, para facilitar un punto de vista integral en la definición de las técnicas de manejo para la restauración del ecosistema hasta un estado natural y sustentable (Baron et al. 2003).

CÓMO SE EVIDENCIAN

las señales de progreso o éxito de los ESFUERZOS de la RESTAURACIÓN

Foto: Verónica Gálmez

El tiempo transcurrido desde que se inició la restauración y/o el tipo de la perturbación que originó la degradación son los principales impulsores ecológicos que sustentan el éxito de la restauración forestal, principalmente en relación a la restauración de la biodiversidad y la estructura de la vegetación (Crouzeilles et al. 2016).

Para afirmar que una comunidad vegetal ha sido restaurada, tiene que haber recuperado sus características bióticas y físicas, que permiten que su estructura, procesos y funciones ecológicas sean sostenibles (Acuña 2012); lo que de acuerdo a Little y Lara (2010) se evidencia cuando aumentan los caudales bases, así como se incrementa la satisfacción social y económica por el uso del agua.

Dodds et al. (2008), demostraron que los ecosistemas restaurados entregan hasta el 93% de los servicios antes de ser disturbados, concluyendo que los valores de dichos beneficios varían entre biomas y según el servicio ecosistémico de interés (Acuña 2012). Sin embargo, Crouzeilles et al. (2016), indican que la mejora en la biodiversidad está en un rango entre 15-84% y la estructura vegetal entre 36-77%, en comparación con los ecosistemas degradados. Por su parte, Rey et al. (2009), encuentran que el aumento de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos corresponde a 44 y 25%, respectivamente.

Estas afirmaciones demuestran la necesidad de seguir profundizando los estudios e investigaciones de esta temática, clave para el monitoreo.

Muñoz-Villers et al. (2015) sugieren que 20 años de restauración natural es probablemente suficiente para recuperar el régimen hidrológico de un ecosistema degradado. Sin embargo, el área del territorio disturbado influye en el tiempo necesario para el restablecimiento de la regulación biótica de los parámetros hidrológicos y biogeoquímicos (Likens et al. 1978). Nordin et al. (2007), observaron que la perdida de iones en el suelo debido a tala es progresiva, llegando a un pico a los dos o tres años. La restauración recupera la concentración de los iones disponibles en el suelo, responsables de su fertilidad entre los años 5 a 8. De otro lado, el nitrógeno es el que sufre los mayores cambios.

Acuña (2012), luego de revisar los trabajos de los autores citados en el párrafo anterior, afirma que la velocidad de la recuperación de los parámetros hidrológicos y bioquímicos luego de la tala depende de la escala de la operación, de las prácticas forestales utilizadas, del tipo de cobertura forestal extraída y de la aceleración de la restauración, así también, depende de las condiciones del sitio que influyen en el restablecimiento de las funciones ecosistémicas de regulación biótica.



ORIENTACIONES

PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS BENEFICIOS DE LA RESTAURACIÓN

Existe una amplia variedad de bienes y servicios que ofrecen los bosques en proceso de restauración, que benefician a la sociedad y que pueden ser valorizados. Por ejemplo en la comunidad campesina de Kiuñalla (Apurímac, Perú), los comuneros priorizan el agua (para riego y consumo), la leña, la producción de miel de abejas, el forraje, la belleza escénica, las plantas medicinales, frutos, madera, fibras, entre otros. Estos bienes y servicios han sido valorizados por Landolt (2017), resultando que el bosque en restauración está aportando a la comunidad ingresos equivalentes a US$ 123,000/año. Considerando solo el agua para riego y para consumo, el aporte se estima en US$ 79,893/año, 64% del total; y en el caso de los productos forestales no maderables en US$ 16,781; 21% del total.

Estos resultados indudablemente subestiman el verdadero valor del bosque porque no consideran otros bienes y servicios, tales como la regulación de gases de efecto invernadero que beneficia a la comunidad nacional e internacional, la conservación de suelos, la disponibilidad de material genético (germoplasma), control biológico, entre otros (MAE 2014).

Para la valoración del agua como servicio ambiental ofrecido por los bosques restaurados debe tenerse en cuenta la cantidad de agua captada (valor de uso directo) anualmente, y su valor económico estará asociado con la actividad económica que compite con el bosque. Mantener la cobertura boscosa restaurada implica un costo de oportunidad por la renuncia a los ingresos potenciales que generaría una actividad económica en esas tierras por otras actividades (p.ej agropecuarias). En este sentido, una hectárea de bosque se protegerá, cuando el valor de sus servicios ambientales se equipare con el costo de oportunidad de los demás usos del suelo, habiendo excepciones cuando existen elementos no monetizables. Por lo anterior, el costo de oportunidad es una metodología válida para valorar económicamente el componente de captación hídrica del bosque y de otros servicios ambientales de importancia económica reconocida (Castro y Barrantes 1998, Barrantes 2006).

La restauración de bosques en cuencas degradadas es un mecanismo que ayuda a la conservación de las aguas superficiales y subterráneas y evita la erosión de los suelos (Ramakrisna 1997). Estos beneficios consideran un costo implícito que ha de considerarse dentro de la estructura de valoración económico-ecológica para el uso del agua (Castro y Barrantes 1998, Barrantes 2006).

NO EXISTEN RECETAS
PARA LA RESTAURACIÓN

PERO SÍ ORIENTACIONES SUSTENTADAS EN EL CONOCIMIENTO Y LA PRÁCTICA

Foto: Milagros León

Aunque no existen recetas para restaurar un ecosistema de bosque por la particularidad intrínseca de cada sitio -y menos aún de bosque andino- sí existen recomendaciones generales basadas en los marcos conceptuales y teóricos de la ecología de la restauración y en las experiencias acumuladas en los intentos de restaurar diferentes ecosistemas en el mundo (Vargas 2011). Estas recomendaciones se resumen de la siguiente manera:

- Identificar los objetivos y metas de restauración
- Definir el ecosistema de referencia
- Evaluar el estado actual del ecosistema, diagnóstico:
  Línea base flora, fauna, socioeconómico, aguas, suelo
- Definir las escalas y niveles de organización
- Establecer las escalas y jerarquías del disturbio
- Consolidar la participación comunitaria
- Evaluar el potencial de regeneración
- Establecer los tensionantes para la
  restauración a diferentes escalas
- Seleccionar las especies adecuadas para la restauración,
- Propagar y manejar las especies seleccionadas
- Seleccionar los sitios
- Diseñar estrategias para superar las barreras a la restauración
- Implementación de prácticas de restauración
- Monitorear el proceso de restauración:
  definición de criterios e indicadores para el monitoreo
- Consolidar el proceso de restauración

*(Vargas 2011, Calderón-Urquizo 2017)

Considerando los tipos de restauración forestal, dos son los que resaltan, cuyas actividades se pueden resumir de la siguiente manera (MAE 2014):

- Regeneración Natural Asistida: que corresponde a la sucesión ecológica natural acompañada de actividades de protección, manejo y control, como: cercado parcial o total, señalización, limpieza, mantenimiento, monitoreo, entre otras.

- Enriquecimiento con especies nativas: que corresponde a prácticas silviculturales para la restauración de ecosistemas, como por ejemplo: reforestación con fines de protección o conservación (de aproximadamente 400 plantas/ha), en la cual se utilizan individuos proveniente de especies extraídas de bosques cercanos y de interés para la biodiversidad, para el uso no maderable del propietario, entre otras prácticas.

RECOMENDACIONES

Foto: Milagros León

- La restauración puede ser considerada como una vía potente para la recuperación de los ecosistemas y los servicios que benefician a la comunidad para múltiples usos (Acuña 2012).

- La rapidez de la restauración depende de condiciones de temperatura, humedad y nutrientes que favorezcan el crecimiento de plantas, luego de la tala (Likens et al. 1978); sin embargo se considera que a partir de 20 años se recupera el régimen hidrológico (Muñoz et al. 2015).

- La restauración propicia el mejoramiento de las condiciones del suelo, lo que facilita el proceso de infiltración del agua (Sanchez 1990, Mullins 2011) y aumenta la reposición del agua del suelo y los caudales de la estación seca (Calder 2005, Lara et al. 2009), así como también la dotación del servicio ecosistémico de provisión de agua.

- Un comportamiento poco comprendido en el proceso de restauración de bosques, que requiere de una investigación más profunda, es la alta evapotranspiración en la época de estiaje y la alta tasa de infiltración que incrementa la recarga de acuíferos, lo que puede mantener el caudal base durante este periodo (Acuña 2012).

- Existen algunos indicios que el cambio climático está produciendo una mayor eficiencia en el uso del agua dentro del proceso de restauración que puede alterar la hidrología y el clima (Van der Sleen 2015, Lammertsma et al. 2011, de Boer et al. 2011), pero en realidad se requiere de mayor investigación para su comprensión (Booth et al. 2012).

- La experiencia ha desarrollado una serie de lecciones aprendidas que se traducen en criterios y pasos a seguir, que se recomienda tomar en cuenta al impulsar procesos de restauración y que están disponibles en la literatura.

- La valoración económica de los beneficios de la restauración, demuestra su importante aporte a la economía familiar y comunal.

- Se recomienda que los bosques en proceso de restauración, sean incluidos dentro de los mecanismos de compensación del servicio hídrico, porque incrementan sus funciones hidrológicas hasta semejar a los bosques maduros (Asbjornsen 2015).

- Los enfoques que deben guiar las prácticas de restauración (Meli et al. 2017) son: (1) enfoque de biodiversidad y servicios de los ecosistemas (2) promoción de la restauración en los paisajes modificados; (3) costo-beneficio; y (4) comunicación horizontal.

- El enfoque BEF proporciona un marco útil para evaluar la restauración forestal en un contexto de funcionamiento del ecosistema. Destaca diferentes aspectos de la restauración forestal que no siempre reciben suficiente atención en los enfoques más tradicionales de restauración (Aerts y Honnay 2011).

- El marco de BEF resalta las grandes lagunas de conocimiento aún presentes en la ciencia de la restauración, como la comprensión de cómo los rasgos funcionales de las plantas y sus interacciones mutuas afectan el funcionamiento del ecosistema, el papel de la diversidad genética en el funcionamiento del ecosistema y conocimientos sobre las interacciones entre la biodiversidad subterránea y el funcionamiento del bosque, para el éxito de la restauración (Aerts y Honnay 2011).

- Es muy importante desarrollar trabajos de investigación para entender cómo la diversidad microbiana subterránea contribuye a la restauración exitosa de las funciones forestales. Las nuevas herramientas moleculares disponibles para cuantificar la diversidad microbiana, combinadas con mediciones detalladas del funcionamiento del bosque probablemente aumentarán la visión sobre cómo manejar la biodiversidad subterránea para fines de restauración (Aerts y Honnay 2011).

- Es necesario entender la capacidad de regeneración natural de los bosques degradados (vía sucesión secundaría) y compararlos con distintos enfoques de restauración (Mathez-Stiefel, Peralvo y Báez 2017).

- Se requiere comparar los impactos de diferentes prácticas de restauración y su efecto en servicios ecosistémicos críticos y en los modos de vida, desde la escala local y de paisaje (Mathez-Stiefel, Peralvo y Báez 2017).

- Definir un conjunto de criterios comunes para evaluar el éxito de las prácticas de restauración y su impacto en la función del ecosistema, (Mathez-Stiefel, Peralvo y Báez 2017).

- Identificar y validar tecnologías desarrolladas y adaptadas localmente, para la restauración de ecosistemas alterados, considerando el amplio rango de condiciones ambientales y sociales presentes en los paisajes de bosques andinos, (Mathez-Stiefel, Peralvo y Báez 2017).

- Desarrollar herramientas para identificar áreas en las cuales la restauración de los ecosistemas mantendrá y mejorará la conectividad de los remanentes de bosques (Mathez-Stiefel, Peralvo y Báez 2017).

Referencias

1 Abate A. 2004. Biomass and nutrient studies of selected tree species of natural and plantation forest: Implication for sustainable management of the Munesa-Shashamane forest, Ethiopia. Tesis Ph.D. University of Bayreuth.166p
https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/binary/7H474S5AZR7A4BL36FH4QSHMCVUEEYNA/full/1.pdf
2 Acuña A. 2012. Efectos de corto plazo de la restauración ecológica de bosques nativos en la provisión de los servicios ecosistémicos, cantidad y calidad de agua, en cuencas forestales. Patrocinante: Dr. Christian Little Cárdenas. Seminario de Investigación (GEOG 340) presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales. Programa de Vinculación con el Magíster en Ciencias Mención Recursos Hídricos. 58pp
http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fifa189e/doc/fifa189e.pdf
3 Aerts R, Lerouge F, November E, Lens L, Hermy M, Muys B. 2008. Land rehabilitation and the conservation of birds in a degraded Afromontane landscape in northern Ethiopia. Biodiv Conserv 2008, 17(1):53-69.
https://www.researchgate.net/publication/226825068_Land_rehabilitation_and_the_conservation_of_birds_in_a_degraded_Afromontane_landscape_in_northern_Ethiopia
4 Aerts R y Honnay O. 2011. Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. BMC Ecology 2011, 11:29. doi:10.1186/1472-6785-11-29
http://www.biomedcentral.com/1472-6785/11/29
5 Aerts R, Honnay O. 2011. Seeds of change for restoration ecology. Science 2011, 333(6039):156.
http://science.sciencemag.org/content/333/6039/156.1
6 Angelstam P, J Roberge, T Ek, L Laestardius. 2005. Data and tools conservation, management, and restoration of northern forest ecosystems at multiple scales. In Stanturf J, P Madsen eds. Restoration of boreal and temperate forests. Florida, USA. CRC Press. p. 269-280.
7 Aguilar R, Quesada M, Ashworth L, Herrerias-Diego Y, Lobo J: Genetic consequences of habitat fragmentation in plant populations: susceptible signals in plant traits and methodological approaches. Molec Ecol 2008, 17(24):5177-5188.
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-294X.2008.03971.x/abstract
8 Alfaro E. Alvarado A. y Chaverri A. 2001. Cambios edáficos asociados a tres etapas sucesionales de bosque tropical seco en Guanacaste, Costa Rica. Agronomía Costarricense 25(1): 7-20.
http://www.mag.go.cr/rev_agr/v25n01_007.pdf
9 Allen EB, Allen ME, Egerton-Warburton L, Corkidi L, Gomez-Pompa A. 2003. Impacts of early- and late-seral mycorrhizae during restoration in seasonal tropical forest, Mexico. Ecology Applic 2003, 13(6):1701-1717.
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/02-5309/abstract
10 Almir, A. 1994. Estudio de raíces. Dialogo XXXIX-Metodologías para investigación en manejo de suelos. 17-22
11 Andersen, D.C., y S.M. Nelson. 2006. Flood pattern and weather determine Populus leaf litter breakdown and nitrogen dynamics on a cold desert floodplain. Journal of Arid Environment 64 (2006): 626-650 pp.
https://www.researchgate.net/profile/Douglas_Andersen/publication/222018639_Flood_Pattern_and_Weather_Determine_Populus_Leaf_Litter_Breakdown_and_Nitrogen_Dynamics_on_a_Cold_Desert_Floodplain/links/57250ae608aee491cb3a9e3f.pdf?origin=publication_detail
12 Anton C, Young J, Harrison PA, Musche M, Bela G, Feld CK, Harrington R, Haslett JR, Pataki G, Rounsevell MDA, Skourtos M, Sousa JP, Sykes MT, Tinch R, Vandewalle M, Watt A y Settele J. 2010. Research needs for incorporating the ecosystem service approach into EU biodiversity conservation policy. Biodiversity & Conservation 19: 2979-2994.
http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10531-010-9853-6
13 Antonio Zapata-Sierra A y Manzano-Agugliaro F. 2008. Influencia de seis especies arbóreas en la infiltración de agua en el suelo. Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. En Agrociencia 42: 835-845. 2008.
http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n7/v42n7a10.pdf
14 Arauco. 2012. Plan de restauración del bosque nativo Arauco. Segunda versión. 69 pp.
http://www.arauco.cl/_file/file_6555_plan_de_restauraci%C3%B3n_okv02.pdf
15 Arifeen S y Chaudhry A. 1998. Effect of different land uses on surface runoff and sediment yield in moist temperate zone. In: The Pakistan Journal of Forestry, Vol.48, No. 1-4: 97-101.
http://lib.icimod.org/record/2263?ln=fr
16 Asbjornsen H. 2015. Impactos ecohidrológicos del cambio del uso del suelo en bosque de niebla: implicaciones para los Programas de Pagos de Servicios Hidrológicos en Veracruz, México. University of New Hampshire. 31 pp
http://elti.fesprojects.net/2014_Watershed_Conf_Panama/heidi_asbjornsen.pdf
17 Autoridad Nacional del Ambiente. 2008. Modelo Forestal Sostenible para la restauración de cuencas hidrográficas y Áreas Protegidas. Dirección de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Departamento de Desarrollo y Manejo Forestal. 75 pp.
http://wbcarbonfinance.org/docs/Panam_Sustainable_Forestry_SPANISH.pdf
18 Bailey JK, Schweitzer JA, Ubeda F, Koricheva J, LeRoy CJ, Madritch MD, Rehill BJ, Bangert RK, Fischer DG, Allan GJ, Whitham TG. 2009. From genes to ecosystems: a synthesis of the effects of plant genetic factors across levels of organization. Phil Trans Roy Soc B Biol Sci 2009, 364(1523):1607-1616.
http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/royptb/364/1523/1607.full.pdf
19 Baron J, Poff N.L, Angermeier P, Dahm C, Gleick P, Hairston N, Jackson R, Johnston C, Richter B, y Steinman A. 2003. Ecosistemas de Agua Dulce Sustentables, En: Tópicos en Ecología, Número 10 Invierno 2003. 1 – 15 pp
https://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/numero10.pdf
20 Barrantes G. 2002. Metodología para la Valoración Económica del Recurso Hídrico como un Servicio Ambiental: caso de aplicación Cuenca del Río Tempisque. 16 pp.
http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi3-OKCuNLSAhVBDZAKHUKvADEQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ips.or.cr%2FPublicaciones%2Fservicioambiental.doc&usg=AFQjCNEsrJ9kdegFq5oSV5PGyFkDaBK2lA&sig2=t0Tm6bnX5xT82LPWHCe9-w
21 Barrantes G. 2006. Valoración económica de la oferta de agua como un servicio ambiental estratégico. 11 pp. (Ecological Studies,Vol.185. M.Kappelle (Ed.). Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests. Springer--Verlag Berlin Heidelberg 2006)
http://www.oas.org/es/sedi/dsd/ELPG/Cursos/PSA/Trifinio/Documentos/modulo2_8.pdf
22 Barrantes G. 2006. Valoración económica de la oferta de agua como un servicio ambiental estratégico. 11 pp.
http://www.oas.org/es/sedi/dsd/ELPG/Cursos/PSA/Trifinio/Documentos/modulo2_8.pdf
23 Bernal S y Prado C. 2015. Análisis de la Influencia de la Cobertura Vegetal en la Generación de Caudales de la Cuenca de la Quebrada Granadillo en los Años 1993 y 2009, a Partir de Aerofotografías y Cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Trabajo de grado para obtener el título de especialistas en Recursos Hídricos. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Especialización en Recursos Hídricos. BOGOTÁ D.C. 29 pp.
http://ucatolica.metabiblioteca.org/handle/10983/2722
24 Besacier Ch. 2015. Global and regional context on Forest and Landscape Restoration: Towards a Mediterranean initiative in the context of the Bonn Challenge?. FAO. The Forest and Landscape, Restoration Mechanism. En: Workshop for the Mediterranean, 16 October 2015 - Ankara – Turkey. 28 pp.
http://www.fao.org/3/a-be986e.pdf
25 Birch JC, Newton AC, Aquino CA, Cantarello E, Echeverria C, Kitzberger T, Schiappacasse I, Garavito NT. 2010. Cost-effectiveness of dryland forest restoration evaluated by spatial analysis of ecosystem services. Proc Natl Acad Sci USA 2010, 107(50):21925-21930.
http://www.pnas.org/content/107/50/21925.full.pdf
26 Bonell M y Balek J. 1993. Recent scientific developments and research needs in hydrological processes of the humid tropics. Pp. 167-260 en: Bonell M, Hufschmidt M y Glad J well (Eds.). Hydrology and Water Management in the Humid Tropics. Cambridge University Press. Cambridge.
https://www.cambridge.org/core/books/hydrology-and-water-management-in-the-humid-tropics/recent-scientific-developments-and-research-needs-in-hydrological-processes-of-the-humid-tropics/D4F2EED34B3BF0C18A4DF1D2B7633935
27 Bonell M. 1993. Progress in the understanding of runoff generation dynamics in forests. Journal of Hydrology. Volume 150, Issues 2–4, 1 October 1993, Pages 217-275.
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/002216949390112M
28 Bonell M. 2005. Runoff generation in tropical forests. En: Bonell M y Bruijnzeel L (Eds.), Forest-Water-People in the Humid Tropics: Past Present and Future Hydrological Research for Integrated Land and Water Management. Cambridge University Press. Cambridge.
https://www.cambridge.org/core/books/forests-water-and-people-in-the-humid-tropics/DEE0509F39C31124325549E5C7C14630
29 Bongers F, Chazdon R, Poorter L y Peña–Claros M. 2015. The potential of secondary forests. Science Vol. 348, 642–643 pp. DOI: 10.1126/science.348.6235.642-c.
http://science.sciencemag.org/content/348/6235/642.3.full
30 Booth B, Jones C, Collins M, Totterdell I, Cox P, Sitch S, Huntingford C, Betts R, Harris G y Lloyd J. 2012. High sensitivity of future global warming to land carbon cycle processes. Environ. Res. Lett. 7 (2012) 024002 (8pp).
doi:10.1088/1748-9326/7/2/024002. IOP Publishing. Environmental Research Letters.
http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/7/2/024002
31 Cadotte MW, Carscadden K, Mirotchnick N. 2011. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. Journal Applied Ecology. Volume 48, Issue 5, Pages 1079–1087
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x/full
32 Calder I, Hofer T, Vermont S y Warren P. 2007. Hacia una nueva comprensión de los bosques y el agua. Unasylva 229, Vol. 58, 3-10 pp
http://www.fao.org/docrep/010/a1598s/a1598s02.htm
33 Calder I. 1992. A model of transpiration and growth of eucalyptus plantation in water-limited conditions. Journal of Hydrology. Volume 130, Issues 1–4, January 1992, Pages 1-15
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/002216949290099H
34 Calder J 2005. Blue Revolution, Integrated Land and Water Resources Management, 2nd edn. Earthscan, London. 379 p. DOI: 10.1002/0470848944.hsa192 ·
https://www.researchgate.net/publication/229453664_Blue_revolution_Integrated_land_and_water_resource_management_second_edition
35 Calder, J 1993. Hydrologic Effects of Land-Use Change. Capítulo 13 en Maidment, DR, Handbook of Hydrology. McGraw-Hill, New York.
https://www.mhprofessional.com/9780070397323-usa-handbook-of-hydrology-group
36 Calderon-Urquizo A. 2017. Plan de Restauración de los Bosques Andinos en la Comunidad Campesina de Kiuñalla, Apurímac. Programa Bosques Andinos. 50 pp.
37 Castellanos J, Jaramillo V, Sanford Jr. R y Boone K. 2000. Slash-and-burn effects on fine root biomass and productivity in a tropical dry forest ecosystem in México. Forest Ecology and Management 148 (1-3):41-50.
http://www.cieco.unam.mx/Biogeoquimica/pdfs/Castellanos_etal_ForestEcologyManagement_2001.pdf

38 Castro, E. y Barrantes G. 1998. Valoración económico ecológico del recurso hídrico en la cuenca Arenal: El agua un flujo permanente de ingreso. Heredia, Costa Rica. 24p. En: La valoración económica de los servicios que brinda la biodiversidad: la experiencia de Costa Rica. (Ed): Moreno M. Instituto Nacional de Biodiversidad INBIO
http://www.inbio.ac.cr/otus/pdf/valoracion-economica-biodiversidad-cr.pdf
39 Cavalier J, Estevez J y Arjona B. 1996. Fine –roots biomass in three successional stages of and Andean Cloud Forest in Colombia. Biotropica 28(4)B: 728-736.
ftp://169.158.189.34/pub/Biotropica/1990s/1996/28-4B/Biotropica-1996-28-4B-p728.pdf
40 Cavalier J, Estevez J y Arjona B. 1996. Fine –roots biomass in three successional stages of and Andean Cloud Forest in Colombia. Biotropica Vol. 28, No. 4, Part B (Dec., 1996), pp. 728-736. DOI: 10.2307/2389059.
https://www.jstor.org/stable/2389059?seq=1#page_scan_tab_contents
41 Cavalier J. 1992. Fine root biomass and soil properties in a semideciduous and lower montane rain forest in Panama. Plant and Soil 142:182-201.
http://www.sidalc.net/repdoc/A11557i/A11557i.pdf
42 CDC – UNALM. 2017. Estudio de la Vulnerabilidad al impacto del cambio climático y las presiones antrópicas sobre los bosques, otros ecosistemas y sus servicios ecosistémicos, así como de las prácticas de manejo priorizadas en la Mancomunidad Saywite – Choquequirao – Ampay. Programa Bosques de Montaña y la Gestión del Cambio Climático en los Andes, (Bosques Andinos). 275 pp.
43 Ceccon E. 2003. Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. CIENCIAS 72 OCTUBRE. DICIEMBRE 2003 (46 – 53 pp)
http://www.ejournal.unam.mx/cns/no72/CNS07206.pdf
44 Célleri R. 2010. Estado del conocimiento técnico científico sobre los servicios ambientales hidrológicos generados en los Andes. En Quintero M. (ed.): Servicios Ambientales Hidrológicos en la Región Andina, CONDESAN, IEP, Lima, pp. 25-45.
https://www.researchgate.net/publication/270892614_Estado_-del_conocimiento_tecnico_cientifico_sobre_los_servicios_ambientales_hidrologicos_generados_en_los_Andes
45 Chapin F, Matson P y Mooney H. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer, Nueva York. pp. 529.
http://www.crc.uqam.ca/Publication/Principles%20of%20terrestrial%20ecosystem%20ecology.pdf
46 Chazdon RL. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. Science 2008, 320(5882):1458-1460.
http://lerf.eco.br/img/publicacoes/2008_2411%20Beyond%20Defo-restation%20Restoring%20Forests%20and%20Ecosystem%20Services%20on%20Degraded%20Lands.pdf
47 Chazdon R, et al. 2016. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. Sci. Adv. 2016; 2: e1501639 13 May 2016.
http://advances.sciencemag.org/content/advances/2/5/e1501639.full.pdf
48 CI Mexico. 2013. Bosque de Agua, Celebración de Vida. 4 pp.
http://www.conservation.org/global/mexico/Documents/Bosque-de-Agua-Biofoliar.pdf
49 CIREF. 2010. ¿Qué es Restauración Fluvial? Notas Técnicas del CIREF, Nº 4, 2010. Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF). 12 pp.
http://www.adta.es/documentos/agua/2010%2012%2020%20ArticuloCIREF-RestauracionFluvial.pdf
50 Cisneros H. 2015. Mecanismo de la FAO para la Restauración de Bosques y Paisajes. Un enfoque integrado para la restauración multi-propósito. 21 pp. (ppt).
http://interclima.minam.gob.pe/Presentaciones/2015/Dia3/Mesa-1/Exposicion-Hector-Cisneros.pdf
51 Clewell A y Aronson J. 2013. Ecological Restoration: Principles values and structure of an emerging profession. Island Press, Washington D.C. 336 pp.
https://islandpress.org/book/ecological-restoration-second-edition
52 Cox P, Pearson D, Booth B, Friedlingstein P, Huntingford C, Jones C y Luke C. 2013. Sensitivity of tropical carbon to climate change constrained by carbon dioxide variability. En: Nature, February 2013. doi:10.1038/nature11882. Macmillan Publishers Limited.
https://www.researchgate.net/publication/235415910_Sensitivi-ty_of_tropical_carbon_to_climate_change_constrained_by_carbon_dioxide_variability
53 Crouzeilles R, Curran M, Ferreira M y Lindenmayer D, Grelle C y Benayas J. 2015. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. 8 pp. Nature Communications | 7:11666 | DOI: 10.1038/ncomms11666
http://www.nature.com/articles/ncomms11666
54 Davis MA, Chew MK, Hobbs RJ, Lugo AE, Ewel JJ, Vermeij GJ, Brown JH, Rosenzweig ML, Gardener MR, Carroll SP, et al. 2011. Don't judge species on their origins. Nature 2011, 474(7350):153-154.
http://www.nature.com/nature/journal/v474/n7350/full/474153a.html
55 De Bello, F., Lavorel, S., Diaz, S., Harrington, R., Cornelissen, J.H.C., Bardgett, R.D., Berg, M.P., Cipriotti, P., Feld, C.K., Hering, D., Marins da Silva, P., Potts, S.G., Sandin, L., Sousa, J.P., Storkey, J., Wardle, D.A. y Harrison, P.A. 2010. Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. Biodiversity & Conservation 19: 2873-2893
http://www.cef-cfr.ca/uploads/MEmbres/deBello10.pdf
56 De Boer H, Lammertsma E, Cremer F, . Dilcher D, Wassen M y Dekker S. 2011. Climate forcing due to optimization of maximal leaf conductance in subtropical vegetation under rising CO2. PNAS, March 8, 2011, vol. 108, N°.10, 4041–4046 pp.
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1100555108
http://www.pnas.org/content/108/10/4041.full
57 De Simón E., 1992. "Diseño de Nuevas Repoblaciones". Curso Internacional sobre Ordenación Agrohidrológica y Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas. 5-14 Octubre 1992. MAPA. TRAGSA. FAO. AECI: Segovia
58 DGPF 2011. Actuaciones de Restauración Hidrológico Forestal en el Principado de Asturias (2002-2010). Ministerio de Medio Ambiente y el Principado, y ejecutado por Tracsa. 15 pp.
https://www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/Agricul-tura/Politica%20Forestal/planificacion/proyectos/rest_hidrolog_fores.pdf
59 Dobson A, Bradshaw A y Baker A. 1997. Hopes for the Future: Restoration Ecology and Conservation Biology. Science Vol. 277: 515-522 pp. DOI: 10.1126/science.277.5325.515
http://science.sciencemag.org/content/277/5325/515.full
60 Dodds W, Wilson K, Rehmeier R, Knight G, Wiggam S, Falke J, Dalgleish H, Bertrand K. 2008. Comparing Ecosystem Goods and Services Provided by Restored and Native Lands. BioScience (2008) 58 (9): 837-845. DOI: https://doi.or-g/10.1641/B580909
https://academic.oup.com/bioscience/article/58/9/837/250939/Comparing-Ecosystem-Goods-and-Services-Provided-by
61 Donovan D. 2007. El agua, los bosques y el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Unasylva 229, Vol. 58, 62-63 pp
http://www.fao.org/docrep/010/a1598s/a1598s14.htm
62 Doornbos B. 2015. El valor de los bosques andinos en asegurar agua y suelo en un contexto de creciente riesgo climático: ¿(re)conocemos lo imperdible?. Programa Bosques Andinos. HELVETAS Swiss Intercooperation. ARTÍCULO DE OPINIÓN Nº 3 / 2015
http://www.bosquesandinos.org/el-valor-de-los-bosques-andi-nos-en-asegurar-agua-y-suelo-en-un-contexto-de-creciente-riesgo-climatico-reconocemos-lo-imperdible/
63 Brown, S.L. and J. Dorner. 2000. A Guide to Restoring a Native Plant Community (White Paper) University of Washington. Seattle, WA. 59 pp.
https://www.nps.gov/plants/restore/pubs/intronatplant/intronatplant.pdf
64 Dueñez-Alanís J, Gutiérrez J, Pérez L y Návar J. 2006. Manejo Silvícola, Capacidad de Infiltración, Escurrimiento Superfi-cial y Erosión. En Terra Latinoamericana 24: 233-240.
http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311108010
65 Dumbrell AJ, Ashton PD, Aziz N, Feng G, Nelson M, Dytham C, Fitter AH, Helgason T. 2011. Distinct seasonal assembla-ges of arbuscular mycorrhizal fungi revealed by massively parallel pyrosequencing. New Phyt 2011, 190(3):794-804.
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2010.03636.x/abstract
66 Durst P y Shono K. 2015. Overview of Forest Restoration in the Asia-Pacific Region.En: 2nd SEAMEO BIOTROP Internatio-nal Conference on Tropical Biology: Ecological Restoration in Southeast Asia. 12-13 October 2015, Bogor, Indonesia. FAO. 33 pp.
ftp://ftp.biotrop.org/International_Conference_on_Tropical_-Biology_2015/KEYNOTE/KEYNOTE1_Patrick%20Durst_Overview%20on%20Forest%20Restoration.pdf
67 EEM. 2005. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.
http://www.greenfacts.org/es/ecosistemas/evaluacion-milenio-2/2-servicios-servicios.htm#1
68 Egoh B, Rouget M, Reyers B, Knight AT, Cowling RM, van Jaarsveld AS y Welz A. 2007. Integrating ecosystem services into conservation assessments: A review. Ecological Economics 63:714-721.
https://pdfs.semanticscholar.org/24d0/09f34417f24308acb79aaf3e99e052bbed42.pdf
69 Ellison D et al. 2017. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. Global Environmental Change, Volume 43, March 2017, Pages 51–61.
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017300134
70 Erazo M. 2016. El impacto del cambio climático sobre la vulnerabilidad ecosistémica en El Salvador. PERSPECTIVAS NO 6/2016. Friedrich Ebert Stiftung. 11pp
http://library.fes.de/pdf-files/bueros/fesamcentral/12724.pdf
71 Escobar E y Maass M, et al 2008. Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas, En: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 161-189.
http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I06_Diversidadproc.pdf
72 Escobar E, Maass M et al. 2008. Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas. En Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 161-189.
http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I06_Diversidadproc.pdf
73 FAO. 2002. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible, Manejo de la humedad del suelo. 34 pp.
http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sm/soil_moisture.pdf
74 FAO. 2014. Mecanismo de Restauración del Paisaje Forestal. En: Comité Forestal 22.º Período de Sesiones. Roma (Italia), 23-27 de junio de 2014. 4pp
http://www.fao.org/3/a-mk173s.pdf
75 Fernández I, Morales N, Olivares L, Salvatierra J, Gómez M y Montenegro G. 2010. Restauración Ecológica para Ecosiste-mas Nativos Afectados por Incendios Forestales. Editores: Olivares L y Fernandez I. Pontificia Universidad Católica de Chile. Corporación Nacional Forestal. Fundación ECOMABI. ARAUCO. Forestal MININCO. 149 pp.
http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1363716217res_baja.pdf
76 Fisher B, Turner RK y Morling P (2009) Defining and classifying ecosystem services for decision making. Ecological Economics 68: 643-653.
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800908004424
77 Frêne C. 2015. Restaurar los bosques: una necesidad para recuperar el bienestar de nuestros territorios. 5 pp.
http://www.rebelion.org/noticias/2015/1/193872.pdf
78 Gallart F y Llorens P. 2009. Hidrología forestal, mitos y evidencias. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (CSIC) Barcelona. 47 pp.
https://imedea.uib-csic.es/master/cambioglobal/Modulo_II_-cod101603/GALLART-Master%20CSIC-UIMP%20(Mitos%20y%20evidencias%20en%20hidrologia%20forestal).pdf
79 Galmez V. 2013. Tropical rainforest structure and function related to global biogeochemical cycles and mitigation of climate change. The effect of climate change on forest-related carbon stocks and sinks (and thus mitigation potential) and the role of biodiversity in conferring resilience to forest-carbon dynamics in the Amazon rainforest. 21 pp.

80 García J. 2009. La Restauración Hidrológico Forestal, como herramienta de disminución de la producción de sedimentos. E.T.S.Ingenieros de Montes. U.P.M. Taller Internacional ISI/GEST/UNESCO- Universidad de Talca Conaphi-Chile. 18-19 NOVIEMBRE 2009. 26 pp
http://eias.utalca.cl/isi/presentaciones/pdf/Restauracion_Hidrologica_J_L_Garcia.pdf
81 García-Fayos P. 2004. Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. En: Valladares F. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Páginas 309-334. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiZna7DmKbRAhXSZiYKHU8WDqQQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Fdigital.csic.es%2Fbitstream%2F10261%2F48695%2F1%2FInteracciones%2520entre%2520la%2520vegetaci%25C3%25B3n%2520y%2520la%2520erosi%25C3%25B3n%2520h%25C3%25ADdrica.pdf&usg=AFQjCNH2tVsZADuuwQ_2BAZL61hDXOMoTA&sig2=IKbSn4I_8LdAeBXAafci_Q&bvm=bv.142059868,d.eWE
82 Garzón A. 2010. Panorama Andino sobre los servicios ambientales hidrológicos (SAH). 35 pp
http://www.katoombagroup.org/documents/events/event34/PanoramaAndinoSAH6-09.pdf
83 Gayoso, J.; A. Iroumé. 1989. "Daño em suelos forestales asociado a faenas de madereo". Medio Ambiente 10(1): 70-79
84 Giraldo L. 2002. Memorias: Hidrología Forestal (Influencia de los bosques). Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia- Medellín. 229 pp.
http://www.bdigital.unal.edu.co/8225/1/10214128.2002.pdf
85 Gomez-Cardenas M, Holwerda F, Asbjornsen H y Bruijnzeel L. 2007. Estimaciones de transpiración en bosques montanos de niebla, secundario y maduro, en el centro de Veracruz, México. En Reporte Técnico Final del proyecto INE/A1-064/2007. Instituto de Ecología, A.C. – Vrije Universiteit Ámsterdam – Instituto Nacional de Ecología. Xalapa, Ver., México. 82 – 91 pp
http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/serv_amb_cubierta_forestal_veracruz.pdf
86 Gómez-Tagle A y Zepeda H. 2002. Variación de la Capacidad de Infiltración en un Suelo Volcánico del Centro de México con Diferentes Coberturas y Usos del Suelo. Lab. Suelos, Dpto. Ciencias de la Tierra, INIRENA, UMSNH-SERINE A.C. 1 pp
http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi9idSG7NLSAhUGlZAKHctrC8UQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Fweb.uaemex.mx%2FRed_Ambientales%2Fdocs%2Fcongresos%2FCiudad%2520Obregon%2FRECURSOS_NATURALES%2FRN092.doc&usg=AFQjCNFML2p-pGg61gDw5ajZG9DPfHkOBg&sig2=IZyR0AN2XMmhTuRUFRgZmg&bvm=bv.149397726,d.Y2I
87 GORE Apurímac. 2017. Mapa de Uso Mayor de Tierras de la Región Apurímac: Litográfia.
88 GPFLR. n.d Assessing national potential for landscape restoration. A Briefing Note for Decision-Makers. The Global Partnership on Forest and Landscape Restoration. 6 pp.
http://www.forestlandscaperestoration.org/sites/default/files/topic/assesing_national_potential_for_landscape_restoration.pdf
89 Gyenge J, Fernández M, Licata J, Weigandt M, Bond B y Schlichter T. 2011. Uso del agua y productividad de los bosques nativos e implantados en el NO de la Patagonia: aproximaciones desde la ecohidrología y la ecofisiología. En: Ecología Austral Vol. 21 N° 3:271-284. Diciembre 2011. Asociación Argentina de Ecología
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2011000300004
90 Gyssels G, Poesen J, Bochet E y Li Y. 2005. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. Progress in Physical Geography. Volume 29, Issue 2, June 2005 pp: 189–217
http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1191/0309133305pp443ra
91 Hall JS, Ashton MS, Garen EJ, Jose S. 2011. The ecology and ecosystem services of native trees: Implications for reforestation and land restoration in Mesoamerica. For Ecol Manage 2011, 261(10):1553-1557.
http://esanalysis.colmex.mx/Sorted%20Papers/2011/2011%20PAN%20USA%20-CS%20L.A.%20C,%20Biodiv%20Phys.pdf
92 Hanson, C., K. Buckingham, S. Dewitt y L. Laestadius. 2015. The Restoration Diagnostic. World Resources Institute (WRI). Washington DC, Estados Unidos. 96 pp.
https://www.wri.org/sites/default/files/WRI_Restoration_Diagnostic_0.pdf
93 Hernández L y Romero F. 2008. Criterios de restauración de Zonas incendiadas. En: Manuales de desarrollo sostenible. 54 pp. Fundación Banco Santander.
https://www.fundacionbancosantander.com/recuperaciondeespaciosnaturales/data/proyectos/hocino/publication/Sostenibilidad_Manuales_6_Zonas_Incendiadas.pdf
94 Herricka J, Schumanb G y Rangoa A. 2006. Monitoring ecological processes for restoration projects. Journal for Nature Conservation 14 (2006) 161—171. doi:10.1016/j.jnc.2006.05.001
https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/30180000/Schuman/25.Herrick%20et%20al.%202006.pdf
95 Hobbs RJ, Higgs E, Harris JA. 2009. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. Trends Ecol Evol 2009, 24(11):599-605.
http://www.ces.fau.edu/climate_change/everglades-recommendations-2014/pdfs/session-a-resource-2.pdf
96 Hofer T. 2014. La hidrología forestal y gestión de cuencas desde la FAO. 36 pp
http://www.etsiamn.upv.es/Internacional/Actividades_archivos/140217%20Hofer%20Seminar%20Spain%20February%202014.pdf
97 Holwerda F y Bruijnzeel L. 2007, Intercepción pluvial y de neblina en un bosque secundario de niebla montano en el centro de Veracruz, Mexico. En Reporte Técnico Final del proyecto INE/A1-064/2007. Instituto de Ecología, A.C. – Vrije Universiteit Ámsterdam – Instituto Nacional de Ecología. Xalapa, Ver., México. 33-67 pp.
http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/serv_amb_cubierta_forestal_veracruz.pdf
98 Huber A, Iroumé A, Bathurst J. 2008. Effect of Pinus radiate plantation on water balance in Chile. Hydrological Process vol 22: 142-148 pp.
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.6582/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=www.google.com.pe&purchase_site_license=LICENSE_DENIED
99 Huber A, y Trecaman R. 2004. Eficiencia del uso del agua en plantaciones de Pinus radiata en Chile. Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile. En: BOSQUE 25(3): 33-43, 2004
http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v25n3/Art04.pdf
100 Huber A, y Trecaman R. 2004. Eficiencia del uso del agua en plantaciones de Pinus radiata en Chile. Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile. En: BOSQUE 25(3): 33-43, 2004
http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v25n3/Art04.pdf
101 Iroumé A, Huber A y Schulz K. 2005. Summer flows in experimental catchments with different forest covers, Chile. Journal of Hydrology, Volume 300, Issues 1–4, 10 January 2005, Pages 300-313
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=-1163902189&_sort=r&_st=13&view=c&md5=7e1867c32ae02a0ed23c54bcc7477daf&searchtype=a
102 Jardel E, Mass M y Rivera-Monroy V (ed). 2013. La Investigación ecológica a largo Plazo en México. Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo. Universidad de Guadalajara. México. 182 pp.
https://www.academia.edu/2576079/La_investigaci%C3%B3n_ecol%C3%B3gica_a_largo_plazo_en_M%C3%A9xico
103 Jiménez C y Arias D. 2004. Distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en una gradiente sucesional de bosques en la Zona Norte de Costa Rica. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 1(2), 2004. 20 pp.
https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwiB-KnxrdfSAhVJkZAKHQV4BSIQFgghMAE&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5123193.pdf&usg=AFQjCNF6lJ6bjbNkzQSitx9XN0tGYxGPDg&sig2=nmaN_wUYLkaKQ1_Z4jD7YQ&bvm=bv.149397726,d.Y2I
104 Jiménez F. 2002. El Bosque Como Regulador del Ciclo Hidrológico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 25 pp
http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/fran_jimenez.pdf
105 Joan G. Ehrenfeld. 2000. Defining the Limits of Restoration: The Need for Realistic Goals. Restoration Ecology, Volume 8, Issue 1, March 2000, Pages 2–9. DOI: 10.1046/j.1526-100x.2000.80002.x
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1526-100x.2000.80002.x/abstract
106 Joslin J, Wolfe M y Hanson P. 2000. Effects of altered water regimes on forest root systems. New Phytologist (2000) 147: 117-129.
http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp078a/joslin00.pdf
107 Laliberte E, Wells JA, DeClerck F, Metcalfe DJ, Catterall CP, Queiroz C, Aubin I, Bonser SP, Ding Y, Fraterrigo JM, McNamara S, Morgan JW, Merlos DS, Vesk PA, Mayfield MM. 2010. Land-use intensification reduces functional redundancy and response diversity in plant communities. Ecology Letter 2010, 13(1):76-86.
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2009.01403.x/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=onlinelibrary.wiley.com&purchase_site_license=LICENSE_DENIED
108 Lamb, D., Stanturf, J. and Madsen, P., 2012. What is forest landscape restoration? In: J. Stanturf, D. Lamb and P. Madsen (Editors), Forest Landscape Restoration. Springer, Dordrecht, pp. 3–23.
http://www.springer.com/la/book/9789400753259
109 Lammertsma E, de Boer J, Dekker S, Dilcher D, Lotter A, y Cremer F. 2011. Global CO2 rise leads to reduced maximum stomatal conductance in Florida vegetation. PNAS, March 8, 2011, vol. 108, N°.10, 4035–4040 pp. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1100371108
http://www.pnas.org/content/108/10/4035.full.pdf
110 Landolt M. 2017. Valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos. Comunidad de Kiuñalla, Apurímac, Perú. Trabajo de fin de grado. Bern University of Applied Sciences. Escuela de Ciencias Agronomas, Forestales y Alimentarias HAFL. BSc en agronomía – agricultura internacional. Programa Bosques de Montaña y la Gestión del Cambio Climático en los Andes, (Bosques Andinos) . 49 pp.
111 Lara A, Little C, Urrutia R, Macphee J, Alvarez C, Oyarzún C, Soto D, Donoso P, Nahuelhual L, Pino M, y Arismendi I. 2009. Assessment of ecosistem services as an oportunity for the conservation and Management of native forest in Chile. Forest Ecology and Management, Volume 258, Issue 4, 30 July 2009, Pages 415–424.
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112709000036
112 Mathez-Stiefel, S-L, Peralvo M y Báez S. 2017. Hacia la conservación y la gobernanza sostenible de los paisajes de bosques andinos: Una agenda de investigación. Programa de Bosques Andinos de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperacion – COSUDE, CONDESAN, HELVETAS Swiss Intercooperation, CDE – University of Bern. Quito, 32 pp.
113 Lhumeau A, Cordero D. 2012. Adaptación basada en ecosistemas: una respuesta al cambio climático. UICN, Quito, Ecuador. 17 pp.
https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2012-004.pdf
114 Likens G, Bormann F, Pierce R, y Reiners W. 1978. Recovery of a Deforested Ecosystem. Science, New Series, Vol. 199, N° 4328, 1978: 492–496 pp.
http://www4.ncsu.edu/~pollock/pdfs/Likensetal(1978).pdf
115 Lima T, Miranda I y Vasconcelos S. 2010. Effects of water and nutrient availability on fine root growth in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. New Phytologist, 187(3): 622–630.
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2010.03299.x/full
116 Little C y Lara A. 2010. Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile. Bosque (Chile) vol. 31(3): 175-178 pp.
http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v31n3/art01.pdf
117 Little Ch y Larab A. 2010. Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile. BOSQUE 31(3): 175-178, 2010 Opinión.
http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v31n3/art01.pdf

118 Loreau M, Naeem S, Inchausti P, Bengtsson J, Grime JP, Hector A, Hooper DU, Huston MA, Raffaelli D, Schmid B, Tilman D, Wardle DA. 2001. Ecology - biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. Science 2001, 294(5543):804-808.
http://science.sciencemag.org/content/294/5543/804
119 Llerena C, Hermoza R, Llerena L. 2007. Plantaciones Forestales, Agua y Gestión de Cuencas. Debate Agrario / 42. 79 – 110 pp.
http://www.cepes.org.pe/debate/debate42/03-llerena.pdf
120 López B, Sabaté S, Gracia C. 2001. Vertical distribution of Forest fien root density, length density, area índex and mean diameter in a Quercus ilex forest. Tree Physiology 2001 May; 21(8):555-560.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11359714
121 López L. 2004. Aplicación de las técnicas de restauración hidrológica forestal en la recuperación de áreas degradadas por incendios forestales. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Montes. Tesis Doctoral. Madrid. 294 pp.
http://oa.upm.es/1401/1/07200406.pdf
122 Lugo AE. 2009. The emerging era of novel tropical forests. Biotropica 2009, 41(5):589-591.
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7429.2009.00550.x/abstract
123 Luna R. 2003. La Forestación como herramienta de protección. 15 pp
http://www.rama.com.ar/rama_neweb/paginas/robertoluna.pdf
124 MacDonald L y Larsen I. 2006. Effects of forest fires and post-fire rehabilitation: a Colorado case study. En: Cerdá A y Robichaud P (eds.). Restoration strategies after forest fires. Science Publisher Inc. Enfield, New Hampshire. USA. 45 pp
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.613.3160&rep=rep1&type=pdf
125 Madritch M, Donaldson JR, Lindroth RL. 2006. Genetic identity of Populus tremuloides litter influences decomposition and nutrient release in a mixed forest stand. Ecosystems 2006, 9(4):528-537.
http://entomology.wisc.edu/~lindroth/PDFs/2006/Madritch%20et%20al%202006%20Ecosystems.pdf
126 MAE. 2014. Plan Nacional de Restauración Forestal 2014-2017. Ministerio del Ambiente. Quito. 50 pp.
http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/images/articulos/archivos/amrPlanRF.pdf
127 Martín-López B. 2011. Biodiversidad y servicios de los ecosistemas (Capitulo 6). En: Biodiversidad en España. Base de la Sostenibilidad Ante el Cambio Global. Observatorio de la Sostenibilidad en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Fundación Biodiversidad. Fundación General de la Universidad de Alcalá. 444 – 465 pp.
https://www.researchgate.net/publication/280528506_Biodiversidad_en_Espana_Base_para_la_sostenibilidad_ante_el_cambio_global
128 Martín-López B y Montes C. 2009. Funciones y Servicios de los Ecosistemas: Una Herramienta para la Gestión de los Espacios Naturales. 20 pp
http://www.ecomilenio.es/wp-content/uploads/2010/10/Funciones-y-servicios-de-los-ecosistemas.pdf
129 Martín-López y Montes C. 2010. Biodiversidad y servicios de los ecosistemas. En: Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos ante el Cambio Global. Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE). 29 pp.
https://www.uam.es/gruposinv/socioeco/documentos/Martin-Lopez%20y%20Montes_OSE.pdf
130 Martínez De Azagra A, Mongil J y Rojo L. 2004. La Oasificación Como Instrumento Eficaz de Lucha Contra la Desertificación. 7 pp.
http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/7317/7240
131 Martínez De Azagra A. 2015. La conservación de los suelos forestales. U.D. de Hidráulica e Hidrología. ETSIIAA (Universidad de Valladolid). 34 pp
https://www.researchgate.net/publication/291957909_La_conservacion_de_los_suelos_forestales
132 McGroddy M y Silver W. 2000. Variations in Belowground Carbon Storage and Soil CO2 Flux Rates along a Wet Tropical Climate Gradient. Biotropica. Volume 32, Issue 4a. December 2000. Pages 614–624. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00508.x.
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00508.x/abstract
133 Medrano H, Bota J, Cifre J, Flexas J, Ribas-Carbó M y Gulías J. 2007. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Investigaciones Geográficas, Nº 43 (2007) pp. 63-84. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante
http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKEwjchuWnwbXSAhVFSCYKHXweBgMQFghAMAg&url=http%3A%2F%2Fwww.cervantesvirtual.com%2FdescargaPdf%2Feficiencia-en-el-uso-del-agua-por-las-plantas-0%2F&usg=AFQjCNGK-n9ct4ELGaXvzsON9v3NtyH9bA&sig2=t5xY8NgreKrZl_DVf-JsOg
134 Meli P y Carrasco V. 2011. Restauración ecológica de riberas, manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona. Corredor Biológico Mesoamericano México. Serie Diálogos / Número 5. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 66pp
http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/RestRiberas.pdf
135 Meli P, Herrera H, Melo F, Pinto S, Aguirre N, Musálem K, Minaverry C, Ramírez W y Brancalion P. 2017. Four approaches to guide ecological restoration in Latin America. Society for Ecological Restoration. Restoration Ecology Vol. 25, No. 2, pp. 156–163 March 2017. doi: 10.1111/rec.12473
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.12473/full
136 Menzel S, y Ten, T (2010) Ecosystem services as a stakeholder-driven concept for conservation science. Conservation Biology 24: 907-909.
http://www.wsl.ch/fe/wisoz/publikationen/Publikationen_07-12_10_-_Ecosystem_Services_as_a_Stakeholder-Driven_Concept_for_Conservation_Science.pdf
137 Metcalfe D, Meir P, Aragão L, Costa A, Braga A, Gonçalves P, Junior S, Aimeida S, Dawson L y Malhi Y et al 2008.The effects of water availability on root growth and morphology in an Amazon rainforest. Plant and Soil October 2008, Volume 311, Issue 1, pp 189–199.
http://link.springer.com/article/10.1007/s11104-008-9670-9
138 MINAM. 2010. Mapa de Suelos del Perú. Dirección General de Ordenamiento Territorial.
https://drive.google.com/file/d/0B6Fh65ABMZicU1ZpeHFhOFh2ZDQ/view
139 Mintegui J, Robredo J. 1994. Caracterización de las Cuencas Hidrográficas, Objeto de Restauración Hidrológico forestal, Mediante Modelos Hidrológicos. Unidad de Hidráulica e Hidrología. Departamento de Ingeniería Forestal. E.T.S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid, Ingeniería del Agua. Vol. 1 Num. 2 (1994) 69 – 82 pp
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4190/article4.pdf
140 Mintegui J. 2012. El Papel del Bosque en la Regulación de los Ciclos del Agua y de los Sedimentos en Cuencas de Cursos Torrenciales, Ante la Incidencia en Ellas de Eventos Meteorológicos Extraordinarios: Aspectos Prácticos. Unidad de Hidráulica e Hidrología. Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. 20 pp
http://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed_uploads/Observatorio%20Tendencias/Sem%20NACIONALES/9%20sem%20nacional/9%20sem%20nac-6%20TEXTO-cursos%20torrenciales.pdf
141 Morales E. 1997. Apuntes Metodológicos para el estudio de raíces en plantaciones forestales y bosques naturales. In: Simposio Internacional Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical. Santa Cruz de la Sierra Julio 1997. 80-91pp
https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwjvmuD7qNfSAhUBf5AKHRO3BO0QFggqMAM&url=https%3A%2F%2Frmportal.net%2Flibrary%2Fcontent%2Flibros%2Fmemora-del-simposio-internacional-posibilidades-de-manejo-fo.pdf%2Fat_download%2Ffile&usg=AFQjCNF_nTzREVBz6npxmQm30yOVREOrpg&sig2=IdFxTmoXkY4YKi8xpqqVNQ&bvm=bv.149397726,d.Y2I
142 Mouillot D, Villéger S, Scherer-Lorenzen M, Mason NWH. 2011. Functional Structure of Biological Communities Predicts Ecosystem Multifunctionality. PLoS ONE 6(3): e17476. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017476
http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0017476
143 Mullins S. 2011. Biomasa de Raíces Finas en Cuatro Estadios de Sucesión del Bosque Seco Tropical y Dos Estaciones Climáticas, Santa Rosa, Costa Rica. Tesis. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela De Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 43 pp
http://bibliodigital.itcr.ac.cr/bitstream/handle/2238/5745/BIOMASA_RAICES_SANTA_ROSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
144 Muñoz-Villers L, Holwerda F, Alvarado-Barrientos M, Geissert D, Marín-Castro B, Gómez-Tagle A, McDonnell J, Asbjornsen H, Dawson T, Bruijnzeel L. 2015. Efectos hidrológicos de la conversión del bosque de niebla en el centro de Veracruz, México. BOSQUE 36(3): 395-407, 2015 DOI: 10.4067/S0717-92002015000300007
http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v36n3/art07.pdf
145 Murcia C. 2016. La restauración de los bosques andinos tropicales: avances, desafíos y perspectivas a futuro. 129 pp. Programa Bosques Andinos. COSUDE, HELVETAS Swiss Intercooperation. CONDESAN.
146 Naeem S. 2006. Biodiversity and ecosystem functioning in restored ecosystems: extracting principles for a synthetic perspective. In Foundations of Restoration Ecology. Edited by: Falk DA, Palmer MA, Zedler JB. Washington, D.C.: Society for Ecological Restoration International, Island press; 210-237 pp.
http://www1.inecol.edu.mx/repara/download/III_1_FoundationsofRestorationEcologyThe%20ScienceandPracticeof%20EcologicalRestoration.pdf
147 Naeem S, Bunker DE, Hector A, Loreau M, Perrings C, (eds.). 2009. Biodiversity, ecosystem functioning and human wellbeing. An ecological and economic perspective. Oxford: Oxford University Press. DOI:10.1093/acprof:oso/9780199547951.001.0001
http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780199547951.001.0001/acprof-9780199547951
148 Nordin R, Zhu Z y Mazumder A. 2007. Ion Export from a Small British Columbia Watershed After Forest Harvesting. Water Quality Research Journal of Canada, 2007 · Volume 42, No. 3, 162-171 pp. Water and Aquatic Sciences Research Program, Dept of Biology, University of Victoria.
https://www.cawq.ca/journal/temp/article/353.pdf
149 Ospina O, Vanegas S, Escobar G, Sánchez J. 2015. Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Catalogación en Publicación. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C.: Colombia. 92 pp.
http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACI%C3%93N_2.pdf
150 Oyarzún C. 1993. Evaluación del modelo U.S.L.E. para predecir pérdidas de suelo en áreas forestadas de la cuenca del río Bío-Bío. Bosque 1 4 (1): 4 5 - 5 4
151 Palmer M, Ambrose R y Poff N. 1997. Ecological theory and community restoration ecology. Restoration Ecology Vol. 5: 291-300 pp.
http://restecology.blogspot.pe/2010/09/ecological-theory-and-community_22.html
152 Paquette A, Messier C. 2010. The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. Front Ecol Environ 2010, 8(1):27-34.
https://www.researchgate.net/publication/41461062_The_Role_of_Plantations_in_Managing_the_World%27s_Forests_in_the_Anthropocene
153 Paredes A y Guerra C. 2006. Recarga de Acuíferos desde el Ordenamiento Territorial para Reducir la Vulnerabilidad Frente a la Sequía. Centro Internacional de la Papa (CIP). 29 pp
http://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2013/08/003598-2.pdf
154 Phillips O y Brienen R. 2017. Carbon uptake by mature Amazon forests has mitigated Amazon nations' carbon emissions. RAINFOR collaboration. Carbon Balance and Management, 2017, 12:1. DOI: 10.1186/s13021-016-0069-2
http://cbmjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s13021-016-0069-2

155 Piotto D, Craven D, Montagnini F, Alice F. 2010. Silvicultural and economic aspects of pure and mixed native tree species plantations on degraded pasturelands in humid Costa Rica. New For 2010, 39(3):369-385.
https://www.researchgate.net/publication/230800701_Silvicultural_and_economic_aspects_of_pure_and_mixed_native_tree_species_plantations_on_degraded_pasturelands_in_humid_Costa_Rica
156 Pizarro R, Benitez A, Farias C, Jordan C, Santibañez F, Sangüesa C, Flores J, Martínez E y Roman L. 2005. Influencia de las masas boscosas en el régimen hídrico de una cuenca semiárida, Chile. BOSQUE 26(1): 77-91, 2005
http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v26n1/Art08.pdf
157 PNUMA. 2010. De China y Tanzanía a México y Florida: La rehabilitación de los bienes naturales genera empleos, riqueza y restauración de servicios valuados en billones de dólares de los EE.UU. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 8 pp
http://hqweb.unep.org/PDF/PressReleases/wed_2010/Pressrelease_Ecosystem_restoration_June_2010_FINAL_Spanish.pdf
158 Poorter L. 2016. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. Nature, 530(7589), pp. 211-214. Nature 530, 211–214 (11 February 2016) doi:10.1038/nature16512
http://www.nature.com/nature/journal/v530/n7589/abs/nature16512.html
159 Pozo de Castro M. (n.d.) Los Usos del Suelo en la Gestión de los Recursos Hídricos Mediante Sistemas de Teledetección. En: Medida y evaluación de las extracciones de agua subterránea. Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. ITGE. 105 – 119
http://www.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/losusos.pdf
160 Prause J y Gallardo J. 2000. Influencia de cuatro especies nativas sobre las propiedades físicas de un suelo forestal del Parque Chaqueño Húmedo (Argentina). En: Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2000. Universidad Nacional del Nordeste. 4 pp.
http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_023.pdf
161 Price M, Gratzer G, Alemayehu L, Kohler T, Maselli D, y Romeo R (editors) (2011). Mountain Forests in a Changing World - Realizing Values, addressing challenges. Published by FAO/MPS and SDC, Rome.
http://www.fao.org/3/a-i2481e.pdf
162 Pritchett, W. 1986. Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento. Editorial LIMUSA. MEX. 213-233.
163 Programa Comunidad Agua y Bosque. 2010. Guía de recomendaciones para el manejo de coberturas vegetales en cuencas prioritarias para la producción de agua en Centroamérica. Universidad de Costa Rica. Univ. Politécnica de Madrid. AECID. 12 pp
http://www2.caminos.upm.es/Departamentos/imt/Topografia/Cab/files/GUIA2_web.pdf
164 Quinta Conferencia Ministerial sobre Protección de Bosques en Europa. 2007. Resolución De Varsovia 2, Bosques y agua. 5-7 Noviembre, 2007, Varsovia, Polonia
http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/w2_tcm7-22788.pdf
165 Quintero M, ed. 2010. Servicios ambientales hidrológicos en la región andina. Estado del conocimiento, la acción y la política para asegurar su provisión mediante esquemas de pago por servicios ambientales. Lima, IEP; CONDESAN. (Agua y Sociedad, 12; Serie Panorama Andino, 1)
https://www.researchgate.net/publication/270892614_Estado_-del_conocimiento_tecnico_cientifico_sobre_los_servicios_ambientales_hidrologicos_generados_en_los_Andes
166 Ramakrishna B. 1997. Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. 338 pp.
https://books.google.com.pe/books?id=_JJL28RE5CIC&pg=PR3&lpg=PR3&dq=Estrategias+de+extensi%C3%B3n+para+el+manejo+integrado+de+cuencas+hidrogr%C3%A1ficas:+conceptos+y+experiencias.+Instituto+Interamericano+de+cooperaci%C3%B3n+para+la+agricultura.+San+Jos%C3%A9,+Costa+Rica&source=bl&ots=Ok0HL6IKHI&sig=pruSz4MUeedjf2j9uCpqXEd90dA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj_n5eKh9bSAhUJ6yYKHYx5CAsQ6AEIGDAA#v=onepage&q=Estrategias%20de%20extensi%C3%B3n%20para%20el%20manejo%20integrado%20de%20cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas%3A%20conceptos%20y%20experiencias.%20Instituto%20Interamericano%20de%20cooperaci%C3%B3n%20para%20la%20agricultura.%20San%20Jos%C3%A9%2C%20Costa%20Rica&f=false
167 Reyes V, Fallas J, Miranda M, Segura O y Sánchez R. 2002. Parámetros para la Valoración del Servicio Ambiental Hídrico Brindado por los Bosques y Plantaciones de Costa Rica. Serie Documentos de Trabajo 008-2002. Costa Rica. 28 pp
http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/CD11/parametro.pdf
168 Ring I, Hansjürgens B, Elmqvist T, Wittmer H y Sukhdev P. 2010. Challenges in framing the economics of ecosystems and biodiversity: the TEEB initiative. Current Opinion in Environmental Sustainability 2: 15-26.
http://www.anisn.it/workgroup/Progetto%20Biodiversita/materiali%20didattici%20secondo%20ciclo_2011/PALERMO_4MARZO2011/conservazione%20biodiversit%E0%20in%20vitis%20vinifera/ATT00031.pdf
169 Ríos N, Andrade H y Ibrahim M. 2008. Evaluación de la recarga hídrica en sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos. En: Zootecnia Trop., 26(3): 183-186. 2008
http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v26n3/art04.pdf
170 Ríos N, Jiménez F, Ibrahim M, Andrade H y Sancho F. 2006. Parámetros hidrológicos y de cobertura vegetal en sistemas de producción ganadera en la zona de recarga de la subcuenca del río Jabonal. En: Recursos Naturales y Ambiente/no. 48:111-117
http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6628/Parametros_hidrologicos_y_de_cobertura_vegetal.pdf;jsessionid=E88B65F2676F73B2D9B214EFA52BE3D8?sequence=1
171 Robert M. 2002. Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra. En: Informes sobre recursos mundiales de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. Roma, 2002. 73 pp.
http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf
172 Robichaud P, Beyers J y Neary D. 2000. Evaluating the efectiveness of postfire rehabilitation treatments. General Technical Report. RMRS-GTR. 63. USDA Forest Service. 92 pp.
https://www.fs.fed.us/psw/publications/robichaud/psw_2000_robichaud000.pdf
173 Robichaud P, MacDonald L, Freeouf J, Neary D, Marin D y Ashmun L. 2003. Post-fire rehabilitation of the Hayman fire. En: R.T. Graham (ed). 2003 Hayman Fire Case Study. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep. RM-RS-GTR-114. 293 – 313 pp.
https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr114/rmrs_gtr114_293_314.pdf
174 Rough D, MacDonald L y Wagenbrenner J. 2004. Effectiveness of post-fire rehabilitation treatments in reducing post-fire sediment yields. Geophysical Research Abstracts, Vol. 6, 06016, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU04-A-06016.
175 Ruan H, Ahuja L, Green T y Benjamin J. 2001. Residue cover and surface-sealing effects on infiltration. Soil Science Society of America Journal, Vol 65: 853–861 pp.
https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/65/3/853?access=0&view=pdf
176 Sabaté S. 2009. Los bosques y la evapotranspiración. Universidad de Barcelona y Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF). En: Impactos hidrológicos. 115 – 126 pp.
https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/es/publicacions/impactes_hidrologics/capitol9_lowress.pdf
177 Salomón M, Guaman C, Rubio C, Galárraga R, Abraham E. 2008. Indicadores de uso del agua en una zona de los Andes centrales de Ecuador. Estudio de la cuenca del Río Ambato. Ecosistemas 17 (1): 72-85. Enero 2008.
http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/114
178 Sánchez, M. 1990. La evaporación en la región de Murcia en relación con sus aplicaciones en hidrología y agricultura. Tesis de Doctorado. Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Barcelona. 185 pp.
https://digitum.um.es/jspui/handle/10201/33496
179 Sekercioglu CH 2006. Increasing awareness of avian ecological function. Trends Ecol Evol 2006, 21(8):464-471.
http://esanalysis.colmex.mx/Sorted%20Papers/2006/2006%20USA%20-Biodiv%20Phys%203.pdf
180 Sekercioglu CH, Daily GC, Ehrlich PR. 2004. Ecosystem consequences of bird declines. Proc Natl Acad Sci USA 2004, 101(52):18042-18047.
http://www.pnas.org/content/101/52/18042.full.pdf
181 Scherer-Lorenzen M, Schulze ED, Don A, Schumacher J, Weller E: Exploring the functional significance of forest diversity: A new long-term experiment with temperate tree species (BIOTREE). Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics 2007, 9(2):53-70.
DOI: 10.1016/j.ppees.2007.08.002
https://www.researchgate.net/publication/223393843_Exploring_-the_functional_significance_of_forest_diversity_A_new_long-term_experiment_with_temperate_tree_species_BIOTREE
182 Scherr S, White, Khare A, Inbar M y Molar A. 2004. "For Services Rendered: The Current Status and Future Potential of Markets for the Ecosystem Services Provided by Tropical Forests". Yokohama. ITTO Tropical Series 21. 74 pp.
183 Schweitzer JA, Bailey JK, Hart SC, Whitham TG. 2005. Nonadditive effects of mixing cottonwood genotypes on litter decomposition and nutrient dynamics. Ecology 2005, 86(10):2834-2840.
http://jenschweitzer.com/wp-content/uploads/2005-Ecology.pdf
184 Scott D y Prinsloo F. 2008. Longer-term effects of pine and eucalypt plantations on streamflow. Water Resources Research, Vol. 44, W00A08, doi:10.1029/2007WR006781, 2008
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007WR006781/pdf
185 SER (Society for Ecological Restoration International). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration Internacional. Science & Policy Working Group. 15 pp.
https://www.cbd.int/doc/pa/tools/The%20SER%20International%20Primer%20o%20n%20Ecological%20Restoration.pdf
186 Serrada, F., 1992." Elección de especie en las Repoblaciones protectoras", pg. 435-441. Hidrología Forestal y Protección de Suelos. Técnicas y experiencias en dirección de obras. Colección Técnica. ICONA
187 Sfeir A, Marcelo V, Marcela P, Roberto C, Guadalupe A y Guillermo S. 2005. Cuantificación de los Procesos de Infiltración, Escurrimiento y Pérdida de Suelo por Medio de Simuladores de Lluvia. 12 pp
http://www.azul.bdh.org.ar/bdh3/archivos/publications/584782/-Cuantificacion_de_los_procesos_de_infiltracion__escurrimiento_y_perdida_de_suelo_por_medio_de_simuladores_de_lluvia.pdf
188 Slusser J. 2013. Estrategias Para la Restauración de Bosques en Paisajes Productivos. Iniciativa de Liderazgo y Capacitación Ambiental (ELTI). 33 pp.
http://elti.fesprojects.net/2013%20APASPE/j._slusser_estrategias.pdf
189 Stanturf J, Kant P, Barnekow J, Mansourian S, Kleine M, Graudal L, Madsen P. 2015. Forest Landscape Restoration as a Key Component of Climate Change Mitigation and Adaptation. IUFRO, World Series Volume 34. Vienna 72 p.
http://www.iufro.org/publications/series/world-series/article/2015/12/01/world-series-vol-34-forest-landscape-restoration-as-a-key-component-of-climate-change-mitigation/
190 Tácuna R, Aguirre L y Flores E. 2015. Influencia de la Revegetación con Especies Nativas y la Incorporación de Materia Orgánica en la Recuperación de Pastizales Degradados. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. En: Ecología Aplicada, 14(2), 191 – 200, 2015.
http://www.lamolina.edu.pe/ecolapl/articulo_19_no_2_vol_14.pdf
191 Tobón, C. 2009. Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito
http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/b6a77b5786ffc08556b4861b514e76d6.pdf
192 Tom R. 2000. Adaptive management of coastal ecosystem restoration projects. Ecological Engineering 15 (2000) 365–372. PII: S0925-8574(00)00086-0.
https://pdfs.semanticscholar.org/fcaf/4c920df7542519ca1dade2cb07bbac34e606.pdf
193 Thompson ID, Mackey B, McNulty S, Mosseler A. 2009. Forest resilience, biodiversity and climate change. Montreal: Secretariat on the Convention of Biological Diversity, Technical Series No. 43. 68 pp.
https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-43-en.pdf

194 Tongway D y Hindley N. 2004. Landscape function analysis. Procedures for monitoring and assessing landscapes. CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra. 80 pp.
https://www.researchgate.net/profile/David_Tongway/publication/238748160_Landscape_Function_Analysis_Procedures_for_Monitoring_and_Assessing_Landscapes_-_with_Special_Reference_to_Minesites_and_Rangelands/links/0deec52c915ae0139e000000/Landscape-Function-Analysis-Procedures-for-Monitoring-and-Assessing-Landscapes-with-Special-Reference-to-Minesites-and-Rangelands.pdf
195 Universidad de Murcia. 2015. TEMA 7: LA EDAFOSFERA. Ciencias de la Tierra y Medioambiente. 19 pp.
http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_7._la_edafosfera.pdf
196 UTEA. 2016. Análisis de las muestras de suelos del área piloto de restauración de la comunidad de Kiuñalla.
197 Valladares F, Vilagrosa A, Peñuelas J, Ogaya R, Camarero J. 2008. Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. En: Valladares F.(ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. 2ª edición. Naturaleza y Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 165-192
https://www.researchgate.net/publication/267260569_Estres_hidrico_ecofisiologia_y_escalas_de_la_sequia
198 Van der Sleen P, Groenendijk P, Vlam M, Anten N, Boom A, Bongers F, Pons T, Terburg G y Zuidema P. 2015. No growth stimulation of tropical trees by 150 years of CO_2 fertilization but water-use e ciency increased. Nature Geoscience 8(1) · January 2015. DOI: 10.1038/NGEO2313. 6 pp.
https://www.researchgate.net/publication/269621255_No_growth_stimulation_of_tropical_trees_by_150_years_of_CO2_fertilization_but_water-use_efficiency_increased
199 Van Ginkel J, Whitmore A y Gorissen A. 1999. Lolium perenne grasslands may function as a sink for atmospheric carbon dioxide. Journal of Environmental Quality 28: 1580–1584.
http://www.co2science.org/articles/V2/N22/C1.php
200 Vargas O. 2011. Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. Acta Biológica Colombiana, Vol. 16, Núm. 2 (2011). Grupo de Restauración Ecológica, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. 25 pp.
http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/rt/printerFriendly/19280/28009
201 Vega J. 2007. Bases ecológicas para la restauración preventiva de zonas quemadas. Thematic Session 8- Restauración de zonas quemadas-Vega, J.A. Wildfire 2007, Sevilla, España. 23 pp.
http://www.fire.uni-freiburg.de/sevilla-2007/contributions/doc/cd/INTRODUCTORIAS_ST/Vega_ST3.pdf
202 Vega N. 2017. Informe de Flora y Vegetación. Línea de Base Biológica Área Piloto de Restauración de Bosques Degradados en la Comunidad Campesina de Kiuñalla. Programa Bosques de Montaña y la Gestión del Cambio Climático en los Andes, (Bosques Andinos). 69 pp
203 Verbruggen E, Roling WFM, Gamper HA, Kowalchuk GA, Verhoef HA, van der Heijden MGA. 2010. Positive effects of organic farming on below-ground mutualists: large-scale comparison of mycorrhizal fungal communities in agricultural soils. New Phyt 2010, 186(4):968-979.
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2010.03230.x/abstract;jsessionid=8FF1C71C4C49D39F0010B9615F5F44FE.f02t03
204 Vertessy R, Hatton T, O'Shaughnessy P y Jayasuriya M. 1993. Predicting water yield from a mountain ash forest catchment using a terrain analysis based catchment model. Journal Hydrology, Volume 150, Issues 2–4, 1 October 1993, Pages 665-700.
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=-1163911517&_sort=r&_st=13&view=c&md5=001afc0a604f388825f6af04d1d71832&searchtype=a
205 Walker L y Moral R. 2003. Primary succession and ecosistem rehabilitation. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 442 pp.
http://assets.cambridge.org/97805218/00761/sample/9780521800761ws.pdf
206 Ward A y Trimble S. 2003. Environmental hydrology. 2nd ed. Florida, USA. CRC Press. 502 pp.
https://www.crcpress.com/Environmental-Hydrology-Second-Edition/Ward-Trimble/p/book/9781566706162
207 Whisenant S. 1999. Repairing damaged wildlands: a process-orientated, landscape-scale approach. Cambridge University Press, Cambridge, UK 224 p. 59
http://assets.cambridge.org/97805214/70018/sample/9780521470018wsc00.pdf
208 Wright JP, Symstad AJ, Bullock JM, Engelhardt KAM, Jackson LE, Bernhardt ES. 2009. Restoring biodiversity and ecosystem function: will an integrated approach improve results? In Biodiversity, ecosystem functioning, and human wellbeing. Edited by: Naeem S, Bunker DE, Hector A, Loreau M, Perrings C. Oxford: Oxford University Press; 2009:167-177.
http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780199547951.001.0001/acprof-9780199547951-chapter-12
209 Young T, Chase J y Huddleston R. 2001. Community succession and assembly: comparing, contrasting and combining paradigms in the context of ecological restoration. Ecological Restoration Vol. 19: 5-18 pp.
http://tpyoung.ucdavis.edu/publications/2001SuccAssEcolRest.pdf
210 Zang, T and, Zhang J. 1999. Function of forest litter in soil and water conservation. Journal of Nanjing Forestry University. 23: 81-84.
http://caod.oriprobe.com/articles/2220158/Function_of_Forest_Litter_to_Water_Shelter_Conserv.htm
211 Zapata A y Manzano F. 2008. Influencia de Seis Especies Arbóreas en la Infiltración de Agua en el Suelo. Agrociencia 42: 835-845. 2008
http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n7/v42n7a10.pdf



El Programa Bosques Andinos promueve el manejo sostenible de paisajes de montaña y valora el rol que cumplen los bosques montanos de los Andes en la adaptación y mitigación al cambio climático. Bosques Andinos impulsa la generación de conocimiento, la acción y la toma de decisión para conservar y manejar sosteniblemente los bosques de montaña frente al cambio climático. Contribuye a mejorar las capacidades de los actores a nivel local, nacional, regional andino y global para aplicar prácticas, herramientas y políticas que incentivan la conservación de los bosques andinos.

El Programa Bosques Andinos forma parte del Programa Global de Cambio Climático de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y es facilitado por el Consorcio HELVETAS Swiss Intercooperation - CONDESAN, por un periodo de 4 años en su primera fase (2014 - 2018).

(1) Roberto Kómetter: Coordinador de Validación de Esquemas y Herramientas de Manejo de Bosques. Programa Bosques Andinos / HELVETAS Swiss Intercooperation
(2) Verónica Gálmez: Coordinadora de Incidencia y Gestión de Conocimientos. Programa Bosques Andinos / HELVETAS Swiss Intercooperation

Contacto:

En Perú:
Oficina HELVETAS Swiss Intercooperation Perú
Av. Ricardo Palma 857, Miraflores, Lima - Perú.
Tel: (511) 444 - 0493

En Ecuador:
Oficina CONDESAN
Calle Germán Alemán E12-123 y Carlos Arroyo del Río, Quito - Ecuador.
Tel: (593) 224 - 8491

comunicaciones@bosquesandinos.org
www.bosquesandinos.org



BOSQUES ANDINOS ES UN PROGRAMA DE:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza en el Perú

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE

FACILITADO Y ASESORADO POR:


HELVETAS Swiss Intercooperation PERU


CONDESAN
Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina